



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS LOCALES DE EDUCACIÓN PÚBLICA EN
CHILE: UNA PROPUESTA BASADA EN EVIDENCIA**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y POLÍTICAS PÚBLICAS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

JOAQUÍN JOSÉ CAMPOS PINOCHET

PROFESOR GUÍA:
PATRICIO RODRÍGUEZ VALDÉS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JULIO HASBÚN MANCILLA
PABLO GONZÁLEZ SOTO

SANTIAGO DE CHILE
2023

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE:
MAGÍSTER EN GESTIÓN Y POLÍTICAS PÚBLICAS
MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: JOAQUÍN JOSÉ CAMPOS PINOCHET
FECHA: 2023
PROF. GUÍA: PATRICIO RODRÍGUEZ VALDÉS

CARACTERIZACIÓN DE LOS SERVICIOS LOCALES DE EDUCACIÓN PÚBLICA EN CHILE: UNA PROPUESTA BASADA EN EVIDENCIA

El año 2017 se promulgó la ley 21.040, que crea 70 nuevos Servicios Locales de Educación Pública (SLEP), donde serán traspasados todos los establecimientos de educación pública (EEP) desde los municipios, corporaciones municipales, JUNJI y la fundación INTEGRA. El proceso de instalación comenzó el año 2018 y se planifica que todos hayan entrado en funcionamiento para el año 2027. En base a estas modificaciones, se requiere contar con una caracterización de los SLEP, para informar en la toma de decisiones y asignaciones presupuestarias basadas en evidencia durante la implementación y entrada en funcionamiento de los SLEP.

Para la caracterización, se utiliza la matrícula, la cantidad de establecimientos, la superficie total, el Índice de Ruralidad del CIAE, el Índice de Vulnerabilidad Escolar (IVE), incluyendo a la educación parvularia mediante una imputación de IVE y el nuevo Índice de Dispersión Territorial. Para tener una variable que represente la dispersión territorial de los EEP de cada SLEP, se crea un Índice de Dispersión Territorial por SLEP, mediante el cálculo de distancias de viaje en auto, desde cada EEP al centro de su SLEP y luego ponderándolas por la matrícula de cada EEP.

La metodología seleccionada fue un agrupamiento en dos niveles, mediante el cual se buscaba encontrar tipos de EEP en el primer nivel y luego, con esta tipología inicial, más los indicadores que estaban a nivel de SLEP, se buscarían tipos de SLEP en un segundo nivel. Para encontrar el mejor agrupamiento, se utilizaron tres tipos de agrupamientos K-Means, HAC y GMM y se escogieron utilizando los coeficientes de Silhouette y AIC.

Para el primer agrupamiento se utilizaron 6.161 EEP y 16 variables, se obtuvieron 19 grupos de EEP, con un Silhouette óptimo de 65 %, donde fueron agrupados principalmente por su índice de ruralidad y por el tipo de educación que impartía cada EEP. En el segundo nivel se utilizaron los 70 SLEP y 23 variables y se obtuvieron 9 grupos con un Silhouette óptimo de 19 %, un coeficiente considerablemente mas bajo que el primero.

En ambos caso se pudo notar que había una gran diversidad territorial, en el primer nivel por la gran cantidad de grupos y en el segundo por el bajo coeficiente de silhouette obtenido, que mostró que no se podían agrupar de manera tan precisa, dado la gran heterogeneidad entre los SLEP.

Para realizar una asignación presupuestaria justa que considere las condiciones territoriales base de cada uno de los SLEP de Chile, se recomienda asignar presupuesto a los SLEP basado en la dispersión calculada, otorgando un mayor monto a los SLEP con una mayor dispersión, según los medios de transporte necesarios para visitar a todos los EEP.

*Para mi familia,
en especial a mis padres Elsa y José
y a mis hermanos Camila y Martín.
Gracias por el amor incondicional.*

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Preguntas de Investigación	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Resultados Esperados	4
2. Marco de Referencia	5
2.1. Ley y contexto	5
2.2. Aprendizaje Estadístico	8
2.2.1. Aprendizaje Supervisado	8
2.2.2. Aprendizaje No Supervisado	8
2.2.3. Agrupamiento	8
2.2.3.1. Tipos de Agrupamiento	9
2.2.3.1.1 K-Means	9
2.2.3.1.2 Gaussian Mixture Model (GMM)	9
2.2.3.1.3 Hierarchical Agglomerative Clustering (HAC)	10
3. Metodología	12
3.1. Variables y pre-procesamiento	13
3.1.1. Variables a utilizar	13
3.1.1.1. Imputación IVE para Parvularia	14
3.1.2. Creación de variable Índice de dispersión por SLEP	14
3.1.3. Consolidación de Variables	16
3.2. Agrupamiento	16
3.3. Comparación de Resultados	16
3.4. Segundo nivel de agrupamiento	16
4. Resultados	18
4.1. Pre-Procesamiento	18
4.1.1. Matrícula	20
4.1.2. Cantidad de Establecimientos	20
4.1.3. Ruralidad	21
4.1.4. Índice de Vulnerabilidad Escolar (IVE)	23
4.1.4.1. Índice de Vulnerabilidad Escolar Parvularia	23
4.1.4.2. Índice de Vulnerabilidad Escolar Ponderado	25
4.1.5. Dispersión	27

4.1.5.1.	Índice de Dispersión	27
4.1.5.2.	Distancias EEP a centros SLEP	27
4.2.	Agrupamiento	29
4.2.1.	Primer nivel	29
4.2.2.	Segundo nivel	34
4.2.3.	Variables ponderadas por matrícula a nivel SLEP	41
4.2.3.1.	Índice de Vulnerabilidad Escolar ponderado por SLEP	41
4.2.3.2.	Superficie por SLEP	42
5.	Conclusiones	43
	Bibliografía	45
6.	Anexo	46

Índice de Tablas

2.1.	SLEP con sus regiones, comunas y años de implementación o traspaso de EEP. . . .	6
3.1.	Descripción del análisis realizado a las posibles variables a utilizar.	13
3.2.	Ejemplo resumen de resultados de clusterización por SLEP.	17
4.1.	Comparación de cobertura, niveles, periodicidad y años utilizados de los datos. . . .	19
4.2.	Índice de dispersión por SLEP clasificada por terciles	27
4.3.	Cantidad de EEP y sigla para cada tipo de educación impartida.	29
4.4.	Cantidad de EEP para cada combinación de tipo de educación impartida.	29
4.5.	Resultados óptimos para selección de la agrupación de primer nivel.	30
4.6.	Resumen resultados agrupación de primer nivel.	31
4.7.	Grupos asociados a cada combinación de tipo de educación impartida.	33
4.8.	Resultados óptimos para selección de la agrupación de segundo nivel.	35
4.9.	Nombre de las regiones y cantidad y nombres de los SLEP en cada grupo del segundo nivel.	37
4.10.	Resumen resultados agrupación de segundo nivel.	38

Índice de Ilustraciones

1.1.	Mapa de los 70 Servicios Locales de Educación Pública (SLEP). Fuente: Elaboración Propia.	2
3.1.	Diagrama de los pasos para el agrupamiento. Fuente: Schmarzo (Clase Rodríguez). . .	12
3.2.	A modo de ejemplo, se analiza brevemente el caso de la Escuela Juan Martínez de Rosas (punto B) ubicada en la comuna de Linares, en el SLEP Los Álamos, en la Región del Maule, al lado izquierdo, se muestra la ruta calculada con OSRM hasta el centro del SLEP (punto A), donde se obtuvo una distancia en auto de 2.1Km y al lado derecho en línea recta, donde se obtuvo 1.0Km. Fuente: Elaboración Propia. . .	15
4.1.	Matrícula por SLEP para todo Chile, separado por quintiles. Fuente: Elaboración Propia.	20
4.2.	Cantidad de EEP por SLEP para todo Chile, separado por quintiles. Fuente: Elaboración Propia.	20
4.3.	Comparación de asignaciones por EEP de Ruralidad Mineduc 2019 e Índice de Ruralidad CIAE (Rodríguez, 2015). Fuente: Elaboración Propia.	21
4.4.	Matrícula por SLEP desglosada según IRUR para todo Chile. Fuente: Elaboración Propia.	21
4.5.	Cantidad EEP por SLEP desglosados por IRUR para todo Chile. Fuente: Elaboración Propia.	22
4.6.	Gráfico de los IVE básica y media o IVE promedio en caso de tener más de uno. Los IVE están ordenados según los niveles impartidos por cada establecimiento. Fuente: Elaboración Propia.	24
4.7.	IVE parvularia, básica y media, IVE promedio en caso de tener más de uno. Fuente: Elaboración Propia.	24
4.8.	IVE parvularia, básica y media, IVE ponderado en caso de tener más de uno. Fuente: Elaboración Propia.	25
4.9.	IVE ponderado . Fuente: Elaboración Propia.	26
4.10.	Índice de Dispersión por SLEP para todo Chile, separado por terciles. Fuente: Elaboración Propia.	28
4.11.	Comparación de agrupaciones óptimas 1 segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	36
4.12.	Comparación de agrupaciones óptimas 2 segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	36
4.13.	IVE ponderado por matrícula por SLEP para todo Chile, separado por quintiles. Fuente: Elaboración Propia.	41
4.14.	Superficie por SLEP para todo Chile, separado por quintiles. Fuente: Elaboración Propia.	42
6.1.	Cantidad de EEP de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	46
6.2.	Matrícula de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia. . .	47

6.3.	Dispersión de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	47
6.4.	Superficie de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	48
6.5.	EEP-0 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	48
6.6.	EEP-1 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	49
6.7.	EEP-2 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	49
6.8.	EEP-3 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	50
6.9.	EEP-4 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	50
6.10.	EEP-5 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	51
6.11.	EEP-6 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	51
6.12.	EEP-7 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	52
6.13.	EEP-8 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	52
6.14.	EEP-9 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	53
6.15.	EEP-10 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	53
6.16.	EEP-11 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	54
6.17.	EEP-12 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	54
6.18.	EEP-13 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	55
6.19.	EEP-14 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	55
6.20.	EEP-15 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	56
6.21.	EEP-16 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	56
6.22.	EEP-17 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	57
6.23.	EEP-18 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.	57

Introducción

Con la promulgación de la ley 21.040 (2017), se creó el nuevo Sistema de Educación Pública en Chile, que cambia la administración de todos los establecimientos educacionales públicos (EEP) a los nuevos Servicios Locales de Educación Pública (SLEP) estos serán órganos públicos funcional y territorialmente descentralizados, con personalidad jurídica y patrimonio propios. Para comprender más esta nueva ley, se pueden destacar los siguientes artículos:

Artículo 2.- Fines de la Educación Pública. La educación pública está orientada al pleno desarrollo de los estudiantes, de acuerdo a sus necesidades y características. Procura una formación integral de las personas, velando por su desarrollo espiritual, social, ético, moral, afectivo, intelectual, artístico y físico, entre otros, y estimulando el desarrollo de la creatividad, la capacidad crítica, la participación ciudadana y los valores democráticos.

(Ley 21.040, 2017, art. 2)

Artículo 3.- Objeto del Sistema de Educación Pública. El Sistema tiene por objeto que el Estado provea, a través de los establecimientos educacionales de su propiedad y administración, que formen parte de los Servicios Locales de Educación Pública que son creados en la presente ley, una educación pública, gratuita y de calidad, laica, esto es, respetuosa de toda expresión religiosa, y pluralista, que promueva la inclusión social y cultural, la equidad, la tolerancia, el respeto a la diversidad y la libertad, considerando las particularidades locales y regionales, garantizando el ejercicio del derecho a la educación de conformidad a lo dispuesto en la Constitución Política de la República, en todo el territorio nacional.

(Ley 21.040, 2017, art. 3)

Se estableció un período de transición para el traspaso de los EEP que se realizará principalmente desde la administración de 345 municipios¹ a los 70 SLEP. Este período va desde el año 2018 al año 2025, con posibilidad de extensión hasta el año 2030, donde los primeros 3 años se traspasaron los EEP de 41 comunas a 11 SLEP en 9 regiones, luego el año 2021 fue de evaluación de la implementación realizada hasta ese momento. En el año 2022 entraron en funcionamiento 6 SLEP (Decreto 68, 2021), el año 2023 entrarán 10 SLEP, el año 2024 entrarán 10, el año 2025 entrarán 11, el año 2026 entrarán 11 y el año 2027 entrarán los últimos 11 SLEP (Decreto 162, 2022), los que tienen un plazo de un año desde su entrada en funcionamiento para realizar el traspaso de los EEP, excepto los 6 SLEP que entraron en funcionamiento el año 2022, a los que se les extendió el plazo hasta el 1 de enero del 2024 en la ley miscelánea de educación (Ley 21.544, 2023).

¹ Los municipios, las corporaciones municipales y en el caso de la educación parvularia, tanto los establecimientos administrados directamente por municipios, corporaciones municipales o Vía Transferencia de Fondos (VTF) dependientes de la Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI) o a la Fundación Integra.

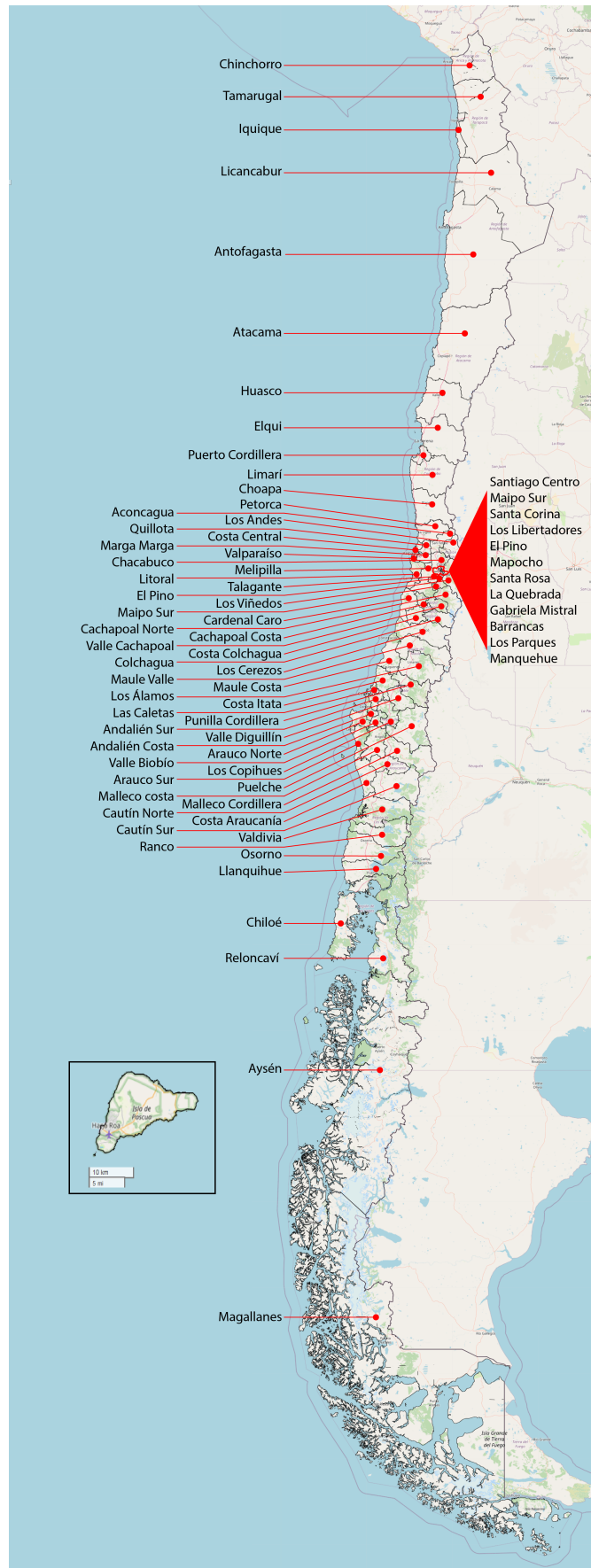


Figura 1.1: Mapa de los 70 Servicios Locales de Educación Pública (SLEP). Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 1.1 se pueden visualizar los 70 SLEP, donde se puede ver el tamaño y ubicación de cada uno de los SLEP.

Si bien el promedio de comunas que abarca cada SLEP es de 5, hay casos donde un SLEP administrará solo una comuna y también hay casos donde administrará 10 u 11 comunas, que llegan a ser solo un SLEP para toda una región.

Al tomar como punto de partida el ejemplo anterior, se puede notar que hay diferencias entre los SLEP a nivel macro y micro, además de la diversidad territorial existente en todo Chile. Considerando los nuevos principios que regirán al Sistema de Educación Pública del artículo 5 de la ley 21.040, en particular lo que establece el siguiente:

Desarrollo equitativo e igualdad de oportunidades. Los integrantes del Sistema deberán ejecutar medidas de acción positiva que, en el ámbito educacional, se orienten a evitar o compensar las consecuencias derivadas de las desigualdades de origen o condición de los estudiantes, velando particularmente por aquellos que requieran de apoyos especiales y una atención diferenciada, con el propósito de que puedan desarrollar al máximo sus potencialidades.

(Ley 21.040, 2017, art. 5, letra d)

Debido a esto, se hace necesario caracterizar los nuevos SLEP para poder identificar las similitudes y diferencias de base existentes entre ellos y así poder asegurar equidad a las y los estudiantes, a todos los EEP y a los SLEP. Una de las formas de realizarlo sería guiándose por los desafíos de cada territorio, lo que debiese reflejarse técnicamente en la asignación presupuestaria.

1.1. Preguntas de Investigación

1. ¿Cómo caracterizar tipos de SLEP en relación con su complejidad territorial y qué variables permiten hacerlo?
2. ¿Cómo generar una caracterización de los EEP y por ende de los SLEP?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar tipologías de los SLEP basado en evidencia.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Definir una metodología para caracterizar a todos los EEP, que considere las características de cada EEP.
2. Recopilar los datos a utilizar que caractericen a la gran mayoría de los EEP.
3. Preprocesar los datos recopilados e imputar los que sean necesarios.
4. Cuantificar la complejidad territorial de los SLEP.
5. Construir una tipología de servicios locales, en función de la caracterización de EEP y variables de cada SLEP, que permita entregar un insumo cuantitativo para identificar las distintas medidas que se deben aplicar a los SLEP.

1.3. Resultados Esperados

Se espera obtener una caracterización de los SLEP con variables que representen a la mayor cantidad de EEP y que incluya variables territoriales.

Con la tipología de SLEP, estos se podrán diferenciar por grupos o por cada una de las variables cuantitativas por SLEP, permitiendo la toma de decisiones basada en evidencia.

Además, los resultados de esta tesis se informarán a la Dirección de Educación Pública (DEP) y al Ministerio de Educación (MINEDUC) para retroalimentar la implementación de lo que queda de la reforma basado en evidencia.

Marco de Referencia

Dado que el objetivo principal de esta tesis es la determinación de una tipología de los SLEP, con una base en evidencia, es que se hace necesario ahondar en el ámbito educativo y su marco legal, para así obtener una imagen global y caracterizada en su mayoría cualitativamente. La cual se pueda complementar con información cuantitativa, permitiendo con métodos de agrupamiento generar una tipología que englobe tanto lo cualitativo como lo cuantitativo de los SLEP.

2.1. Ley y contexto

La ley 21.040 (2017) que establece el nuevo Sistema de Educación Pública, crea 70 SLEP descentralizados que serán los encargados de proveer el servicio educacional en sus territorios a los EEP que serán traspasados principalmente desde los municipios de manera gradual.

<https://www.mineduc.cl/por-una-educacion-publica-que-nos-llene-de-orgullo/>

La Dirección de Educación Pública (DEP) es un órgano centralizado, el nexo entre los SLEP y el Ministerio de Educación, es el “encargado de coordinar a los servicios locales y velar por que provean una educación pública y de calidad a lo largo de todo el país”(Ley 21.040, 2017).

“El principal desafío del nuevo sistema es movilizar a la educación pública hacia un nuevo estadio, por medio de políticas a largo plazo que velen por el desarrollo, la equidad en el acceso y la calidad de la educación de todas las niñas, niños y jóvenes a lo largo del país” (Bellei et al., 2018, p. 160). Históricamente se ha buscado equidad en la educación y un paso para lograrlo sería acabando con las brechas de base en la educación para todos los estudiantes, EEP y SLEP, teniendo en cuenta primero que son todos distintos y segundo cuán distintos son, basado en evidencia.

Bellei et al. (2018) compara la administración municipal con la Nueva Educación Pública (NEP), en la primera, los municipios también administraban servicios primarios de salud, de mantención de infraestructura, de obras públicas y de seguridad, mientras que los SLEP administran los recursos humanos, financieros y materiales de los EEP. El rol de los municipios o corporaciones municipales era administrar un servicio educacional y el rol de los SLEP es garantizar una educación de calidad, con mejora continua y equidad y se otorga responsabilidad por los resultados.

La diversidad con la que fueron creados los SLEP y que caracteriza a Chile es un punto muy importante a considerar al momento de asignar recursos a los SLEP, que es una de las funciones de la DEP (Ley 21.040, 2017, art. 61 letra e), promoviendo la equidad a los EEP (Ley 21.040, 2017, art. 3) ya que es un componente fundamental para que todos los SLEP, EEP y estudiantes cuenten con las mismas condiciones sin importar en qué lugar del país se encuentren.

Región	SLEP	Comunas	Año de implementación	
Arica y Parinacota	Chinchorro	Arica, Camarones, Putre y General Lagos	En régimen	
Tarapacá	Iquique	Iquique y Alto Hospicio	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2024)	
	Tamarugal	Pozo Almonte, Camiña, Colchane, Huala y Pica	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
Antofagasta	Antofagasta	Antofagasta, Mejillones, Sierra Gorda y Taltal	2024	
	Licancabur	Calama, Ollagüe, San Pedro de Atacama, Tocopilla y María Elena	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2024)	
Atacama	Atacama	Copiapó, Caldera, Tierra Amarilla, Chañaral y Diego de Almagro	En régimen	
	Huasco	Alto del Carmen, Freirina, Huasco y Vallenar	En régimen	
Coquimbo	Elqui	La Serena, La Higuera, Paihuano y Vicuña	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
	Puerto Cordillera	Coquimbo y Andacollo	En régimen	
	Limarí	Ovalle, Combarbalá, Monte Patria, Punitaqui y Río Hurtado	2026	
	Choapa	Illapel, Canela, Los Vilos y Salamanca	2026	
Valparaíso	Valparaíso	Valparaíso y Juan Fernández	En régimen	
	Hanga Roa	Isla de Pascua	2025	
	Costa Central	Concón, Puchuncaví, Quintero y Viña del Mar	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
	Petorca	La Ligua, Cabildo, Papudo, Petorca y Zapallar	2024	
	Los Andes	Los Andes, Calle Larga, Rinconada y San Esteban	2024	
	Quillota	Quillota, La Calera, Hijuelas, La Cruz y Nogales	2027	
	Marga Marga	Quilpué, Limache, Olmué y Villa Alemana	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
	Litoral	San Antonio, Algarrobo, Cartagena, El Quisco, El Tabo, Casablanca y Santo Domingo	2025	
	Aconcagua	San Felipe, Catemu, Llaillay, Panquehue, Putaendo y Santa María	2024	
	Metropolitana	Santiago Centro	Santiago	2024
Maipo Sur		Buín y Paine	2026	
Santa Corina		Cerrillos, Estación Central y Maipú	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
Chacabuco		Colina, Lampa y Tiltil	2026	
Los Libertadores		Conchalí y Quilicura	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
El Pino		El Bosque, La Pintana, San Bernardo y Calera de Tango	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
Mapocho		Huechuraba, Independencia y Recoleta	2026	
Santa Rosa		La Cisterna, Lo Espejo, Pedro Aguirre Cerda, San Miguel y San Ramón	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
La Quebrada		La Florida, Ñuñoa y Peñalolén	2025	
Manquehue		La Reina, Las Condes, Lo Barnechea, Providencia y Vitacura	2025	
Gabriela Mistral		Macul, San Joaquín y La Granja	En régimen	
Melipilla		Melipilla, Alhué, Curacaví, María Pinto y San Pedro	2027	
Barrancas		Pudahuel, Lo Prado y Cerro Navia	En régimen	
Los Viñedos		Puente Alto, Pirque y San José de Maipo	2026	
Los Parques		Quinta Normal y Renca	2024	
Talagante		Talagante, El Monte, Isla de Maipo, Padre Hurtado y Peñaflor	2025	
O'Higgins		Costa Colchagua	Chépica, Lolol, Palmilla, Peralillo, Pumanque y Santa Cruz	2025
		Valle Cachapoal	Coínco, Coltauco, Doñihue, Malloa, Quinta de Tilcoco, Rengo y Requínoa	2024
		Cachapoal Costa	Las Cabras, Peumo, Pichidegua y San Vicente	2026
		Cardenal Caro	Pichilemu, La Estrella, Litueche, Marchigüe, Navidad y Paredones	2027
	Cachapoal Norte	Rancagua, Codegua, Graneros, Machalí, Mostazal y Olivar	2026	
	Colchagua	San Fernando, Chimbarongo, Nancagua y Placilla	En régimen	
Maule	Maule Costa	Constitución, Empedrado, Cauquenes, Chanco y Pelluhue	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2024)	
	Los Cerezos	Curepto, Río Claro, Curicó, Hualañé, Licantén, Molina, Rauco, Romeral, Sagrada Familia, Teno y Vichuquén	2025	
	Los Álamos	Linares, Colbún, Longaví, Parral, Retiro, Villa Alegre y Yerbabuena	2024	
	Maule Valle	Talca, Maule, Pelarco, Pencahue, San Clemente, San Rafael y San Javier	2025	
Ñuble	Valle Diguillín	Chillán, Bulnes, Chillán Viejo, El Carmen, Pemuco, San Ignacio y Yungay	2024	
	Costa Itata	Cobquecura, Coelemu, Ninhue, Portezuelo, Quillón, Quirihue, Ránquil, San Nicolás y Trehuaco	2027	
Biobío	Punilla Cordillera	Coihueco, Niquén, Pinto, San Carlos y San Fabián	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2024)	
	Andalén Sur	Concepción, Chiguayante, Hualqui y Florida	En régimen	
	Puelche	Antuco, Mulchén, Quilaco, Quilleco, Santa Bárbara, Tucapel y Alto Biobío	2024	
	Arauco Sur	Cañete, Contulmo, Tirúa y Los Álamos	2027	
	Andalén Costa	Coronel, Lota, San Pedro de la Paz y Santa Juana	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
	Valle Biobío	Laja, Nacimiento, Negrete y San Rosendo	2027	
	Arauco Norte	Lebu, Arauco y Curanilahue	2026	
	Los Copihues	Los Ángeles, Cabrero y Yumbel	2025	
	Las Caletas	Penco, Talcahuano, Tomé y Hualpén	2027	
La Araucanía	Malleco Costa	Angol, Los Sauces, Lumaco, Purén, Renaico y Traiguén	2027	
	Costa Araucanía	Carahue, Nueva Imperial, Saavedra, Teodoro Schmidt y Toltén	En régimen	
	Malleco Cordillera	Collipulli, Curacautín, Ercilla, Lonquimay y Victoria	2027	
	Cautín Sur	Cunco, Curarrehue, Freire, Gorbea, Loncoche, Melipeuco, Padre Las Casas, Pitrufquén, Pucón y Villarrica	2026	
	Cautín Norte	Temuco, Galvarino, Lautaro, Perquenco, Vilcún y Cholchol	2026	
Los Ríos	Ranco	La Unión, Futrono, Lago Ranco y Río Bueno	2027	
	Valdivia	Valdivia, Corral, Lanco, Los Lagos, Máfil, Mariquina, Paillaco y Panguipulli	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2025)	
Los Lagos	Llanquihue	Fresia, Frutillar, Los Muermos, Llanquihue y Puerto Varas	En régimen	
	Chiloé	Castro, Ancud, Chonchi, Curaco de Vélez, Dalcahue, Puqueldón, Queilén, Quellón, Quemchi y Quinchao	2025	
	Osorno	Osorno, Puerto Octay, Purranque, Puyehue, Río Negro, San Juan de la Costa y San Pablo	2027	
	Reloncaví	Puerto Montt, Calbuco, Cochamó, Maulín, Chaitén, Futaleufú, Hualaihué y Palena	2025	
Aysén	Aysén	Coyhaique, Lago Verde, Aysén, Cisnes, Guaitecas, Cochrane, O'Higgins, Tortel, Chile Chico y Río Ibáñez	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2024)	
Magallanes	Magallanes	Punta Arenas, Laguna Blanca, Río Verde, San Gregorio, Cabo de Hornos, Antártica, Porvenir, Primavera, Timaukel, Natales y Torres del Paine	Implementado y en preparación para el traspaso de EEP (2024)	

Tabla 2.1: SLEP con sus regiones, comunas y años de implementación o traspaso de EEP. Fuente: MINEDUC^a.

^a <https://www.mineduc.cl/por-una-educacion-publica-que-nos-llene-de-orgullo/>

En la tabla 2.1 se puede ver los SLEP ordenados por Región, con las comunas que contiene cada uno y el año de implementación actualizado. En el caso de los que ya fueron implementados, también se tiene el año en que serán traspasados los EEP al SLEP.

Los criterios utilizados para la creación de los SLEP fueron tener una matrícula de al menos 8.000 estudiantes, menos de 100 EEP, pero en ningún caso más de 250 EEP y considerar “la vulnerabilidad y ruralidad de los estudiantes y sus familias, con el objetivo de construir territorios diversos que puedan enriquecerse mutuamente.” (Bellei et al., 2018, p. 144).

La Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB) utiliza una metodología de medición de la condición de vulnerabilidad, llamada Sistema Nacional de Asignación con Equidad (SINAE) para estimar la vulnerabilidad de cada establecimiento según información de FONASA, SENAME y del Registro Civil, clasificando a los estudiantes de educación básica y media en tres prioridades de atención, siendo pobreza extrema la primera prioridad y pobreza la segunda y tercera prioridad. Luego calcula la proporción de los estudiantes priorizados en las 3 prioridades sobre toda la matrícula de básica y/o media según corresponda de cada establecimiento educacional (EE) para calcular un Índice de Vulnerabilidad Escolar (IVE) para la educación básica, media y a nivel comunal. Finalmente entrega un porcentaje de vulnerabilidad para cada establecimiento de básica y media, que indica el nivel de vulnerabilidad del establecimiento^{2,3}.

El Ministerio de Educación clasifica a los EE con un indicador de ruralidad binario, donde 0 representa un EE Urbano y 1 a uno Rural (pero como se ha visto, los territorios son muy diversos). También existe otro indicador de ruralidad (IRUR) (Rodríguez, 2015), el que fue creado conceptualizando que los niveles de ruralidad se dan de forma continua, utilizando las distancias a áreas urbanas, la densidad de población en localidades secundarias y los usos de suelo. Este permite clasificar a los EE en 5 niveles de ruralidad:

1. Urbano: Mancha urbana consolidada, entendida como la conurbación continua de la ciudad.
2. Periurbano: Corresponde al territorio en donde se comienza a producir una discontinuidad del medio urbano en cuanto a su representación física espacial y comienzan a parecer intercalados territorios de carácter rural, pero con predominancia de la ciudad. Generalmente se configura a lo largo de vías de comunicación y es la punta de lanza para el crecimiento de la mancha urbana consolidada.
3. Rururbano: Territorio aún con presencia de localidades menores, pero con predominancia del medio rural, generalmente a más distancia de la ciudad que el periurbano y con una densidad de población mucho menor.
4. Rural: Territorio principalmente de producción rural, generalmente a distancia considerable de la ciudad, con combinación de usos como el medio natural, pero predominancia de lo productivo. Con baja densidad de población, pero con accesibilidad en torno a caminos primarios y secundarios (incluso de tercer orden).
5. Silvestre: Consiste en territorio no urbanizado, con predominancia de usos de suelo silvestres o naturales, muy baja o nula accesibilidad por medios de transporte.

² <https://junaebabierta.junaeb.cl/catalogo-de-datos/indicadores-de-vulnerabilidad/>

³ <https://www.junaeb.cl/como-funciona-el-sinae>

2.2. Aprendizaje Estadístico

Hastie et al. (2021) mencionan que el aprendizaje estadístico es utilizado para modelar aproximaciones de situaciones de la vida cotidiana mediante el uso de modelos matemáticos con software estadístico como R o Python. La mayoría de los problemas de aprendizaje estadístico pueden estar en dos categorías, supervisado y no supervisado.

2.2.1. Aprendizaje Supervisado

En el aprendizaje supervisado, para cada observación de las características, hay una de respuesta, donde se busca ajustar un modelo que relacione las respuestas con las variables independientes:

- **Predicción:** Se busca predecir las respuestas para observaciones futuras, por ejemplo, saber si un estudiante desertará o no de la educación.
- **Inferencia:** En este caso se quiere entender de mejor manera la relación entre las variables independientes con las dependientes, por ejemplo, buscar que variables influyen en la deserción escolar y cuánto afecta cada una de estas.

2.2.2. Aprendizaje No Supervisado

En el caso del aprendizaje no supervisado, se tiene una situación más desafiante, debido a que a diferencia del aprendizaje supervisado, no se tiene una variable de respuesta para cada observación de las características. Debido a esto, en este caso no se pueden utilizar los modelos de aprendizaje supervisado, como regresión lineal, regresión logística, modelo aditivo generalizado (GAM), *boosting*, *support vector machines*, entre otros.

Una de las herramientas para estos casos es el análisis de grupos, donde se busca averiguar si las observaciones de las características estudiadas podrían estar clasificadas en distintos grupos.

2.2.3. Agrupamiento

Un ejemplo de uso de agrupamiento fue en el estudio de planificación de la segunda etapa de implementación de la ley 21.040, donde se utilizaron para agrupar la dificultad de implementación de los SLEP de acuerdo a sus variables de conformación. Si bien no se profundiza en la metodología, se menciona que se obtuvieron 4 grupos y las variables utilizadas: matrícula de cada SLEP, número de EE, porcentaje de establecimientos rurales y el IVE promedio del SLEP (Centro Políticas Públicas UC, 2021).

Si bien en ciertos casos es simple ordenar y/o clasificar datos por una o dos variables, en una hoja de cálculo mediante tablas o gráficos, cuando se sube a 3 variables empieza a incrementar la complejidad y al aumentar la cantidad de muestras y de variables, se va dificultando el procedimiento. Por ejemplo, analizar la matrícula total por cada SLEP, la cantidad de EEP, la superficie del SLEP, u otras variables. También es importante poder clasificarlos de forma más global, analizando las variables más relevantes, que podrían ser más que 3.

Una de las formas que existen para resolver este tipo de problemáticas es el agrupamiento. Xu y Tian (2015) mencionan que, si bien no se ha llegado a un acuerdo sobre la definición de agrupamiento, una de las definiciones clásicas se describe como sigue:

1. Las observaciones, intra-grupo, deben ser lo más similares posibles;

2. Las observaciones, entre grupos, deben ser lo más distintas posibles;
3. Las medidas de similitud y disimilitud deben ser claras y tener un significado práctico;

El proceso estándar de agrupamiento puede ser dividido en los siguientes pasos:

1. Extracción y selección de características: extraer y seleccionar las características más representativas del set de datos original;
2. Diseño del algoritmo de agrupamiento: diseñar el algoritmo de agrupamiento según las características del problema;
3. Evaluación del resultado: evaluar el resultado del agrupamiento y juzgar la validez del algoritmo;
4. Explicación del resultado: dar una explicación práctica del resultado del agrupamiento.

2.2.3.1. Tipos de Agrupamiento

2.2.3.1.1. K-Means

Es uno de los algoritmos de agrupamiento basados en partición, busca minimizar la distancia euclidiana desde cada uno de los datos, los que son representados como un punto en m dimensiones a los K centroides, clasificándolos en el centroide más cercano. Al imaginarlo en 2 dimensiones, cada centroide representa el centro de una circunferencia, y cada punto será agrupado en la circunferencia que tenga el centroide más cercano.

Para esto se le debe entregar: la cantidad K de grupos, el método con que se escogerán los centroides al inicio, la cantidad de veces que se ejecutará el agrupamiento con distintos centroides para buscar los mejores resultados, la cantidad máxima de iteraciones a realizar, la tolerancia de convergencia, la semilla y el algoritmo a utilizar.

Para escoger los mejores inputs del agrupamiento y la mejor cantidad de grupos, se ejecutará varias veces el modelo con distintos parámetros y para encontrar cuál es mejor, se utilizará el coeficiente de silhouette, que mide que tan similares son los datos en un mismo grupo y a su vez que tan diferentes son del grupo más cercano.

Dado que, al calcular distancias euclidianas en variables con distintas escalas, una variable de mayor tamaño podría tener mucho más peso que otra, se realizará una normalización de cada variable a un promedio 0 y media 1, para evitar sesgar los resultados. Esto entregará una columna extra en la base de datos, que permitirá obtener el grupo en que quedó clasificado cada EEP.

2.2.3.1.2. Gaussian Mixture Model (GMM)

Algoritmo de agrupamiento basado en distribución. El Modelo de Mezclas Gaussianas o GMM por sus siglas en inglés, agrupa los datos asumiendo que los datos son generados por un número finito de distribuciones gaussianas⁴.

La implementación de Scikit cuenta con cuatro opciones para la covarianza de los parámetros de las distribuciones gaussianas: *full*, *tied*, *diag* y *spherical*, donde *full* asume que cada grupo tiene su

⁴ <https://scikit-learn.org/stable/modules/mixture.html>

propia matriz de covarianza, *tied* que todos los grupos comparten la misma matriz de covarianza, *diag* que cada grupo tiene su propia matriz diagonal de covarianza y *spherical* que cada grupo tiene su propia varianza simple.

Así como K-Means en 2 dimensiones se podía pensar en los grupos como circunferencias, GMM en 2 dimensiones representa elipses y como la circunferencia es un caso particular de las elipses, se puede decir que K-Means es un caso específico, o está contenido dentro de GMM.

Además del tipo de covarianza, de forma similar que a K-Means, a GMM se le debe decir en un principio: la cantidad K de grupos, el método con que se escogerán los pesos, las medias y las precisiones, la cantidad de veces que inicializará el agrupamiento con distintos pesos, medias y precisiones para buscar los mejores resultados, la cantidad máxima de iteraciones EM⁵ a realizar, la tolerancia de convergencia, la semilla y el algoritmo a utilizar.

Para escoger los mejores inputs del agrupamiento y la mejor cantidad de grupos, se ejecutará varias veces el modelo con distintos parámetros y para encontrar cuál es mejor, se utilizarán los criterios AIC⁶ y BIC⁷, los que permiten seleccionar la cantidad de grupos óptima.

De igual modo que con K-Means, dado que, al calcular distancias euclidianas en variables con distintas escalas, una variable de mayor tamaño podría tener mucho más peso que otra, se realizará una normalización de cada variable a un $\mu=0$ y $\sigma=1$, para evitar sesgar los resultados. Esto entregará una columna extra en la base de datos, que permitirá obtener el grupo en que quedó clasificado cada EEP.

2.2.3.1.3. Hierarchical Agglomerative Clustering (HAC)

Algoritmo de agrupamiento basado en jerarquía. El agrupamiento jerárquico aglomerativo o HAC⁸ por sus siglas en inglés, supone que cada punto de datos representa un grupo individual al principio y, luego, los dos grupos más cercanos se fusionan en un nuevo grupo hasta que solo queda un grupo. O bien, un proceso inverso.

El caso de HAC, es un agrupamiento jerárquico aglomerativo, es decir, desde abajo hacia arriba (*bottom-up*). Este es el tipo más común de agrupamiento jerárquico y se refiere al hecho de que un dendrograma, el que generalmente representado como un árbol al revés, se construye a partir de las hojas y combina los agrupamientos hasta el tronco. En este se puede observar que datos se van juntando y qué tan parecidos eran.

En el capítulo 10.3 del libro *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R* (Hastie et al., 2021), los autores mencionan que se pueden usar distancias basadas en correlación para identificar subgrupos con usuarios similares. Debido a la similitud con el caso mencionado, se considerará al momento de buscar los mejores parámetros la correlación de pearson como medida de distancia.

La implementación de Scikit cuenta con cuatro tipos de enlaces; *ward*, *complete*, *average* y

⁵ Algoritmo “Expectation Maximization”.

⁶ Akaike Information Criterion.

⁷ Bayesian Information Criterion.

⁸ <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.AgglomerativeClustering.html>

single, donde *ward* minimiza la varianza de los grupos que están siendo unidos, *average* usa el promedio de las distancias de cada observación de cada uno de los 2 grupos, *complete* utiliza la distancia máxima entre todas las observaciones de los dos grupos, *single* usa el mínimo de las distancias entre todas las observaciones de los dos grupos. La métrica de distancia con la que son calculados los enlaces puede ser euclídeana, l1, l2, manhattan, coseno y precalculada.

Además del tipo de enlace, de forma similar que a K-Means y a GMM, a HAC se le debe decir en un principio: la cantidad n de grupos, el tipo de enlace a utilizar, la métrica de distancia, en caso de ser calculada, la matriz a usar.

Para escoger los mejores argumentos del agrupamiento y la mejor cantidad de grupos, se ejecutará varias veces el modelo con distintos parámetros y para encontrar cuál es mejor, se utilizará el coeficiente de silhouette, que mide que tan similares son los datos en un mismo grupo y a su vez que tan diferentes son del grupo más cercano.

De igual modo que con K-Means y GMM, dado que, al calcular distancias euclidianas en variables con distintas escalas, una variable de mayor tamaño podría tener mucho más peso que otra, se realizará una normalización de cada variable a un promedio 0 y media 1, para evitar sesgar los resultados. Esto entregará una columna extra en la base de datos, que permitirá obtener el grupo en que quedó clasificado cada EEP.

Metodología

Dado que el nuevo sistema de educación pública y en particular los SLEP son relativamente nuevos y aún se encuentran en la etapa de implementación, es útil generar una caracterización basada en evidencia de estos, para este proceso y la gestión necesaria en el futuro. Buscando caracterizar a los SLEP se define utilizar la técnica de aprendizaje no supervisado de agrupamiento en dos niveles (two stages) para buscar subgrupos en todos los EEP que están o estarán en los SLEP y luego volver a realizar un agrupamiento sobre los primeros resultados.

Ciencia de Datos

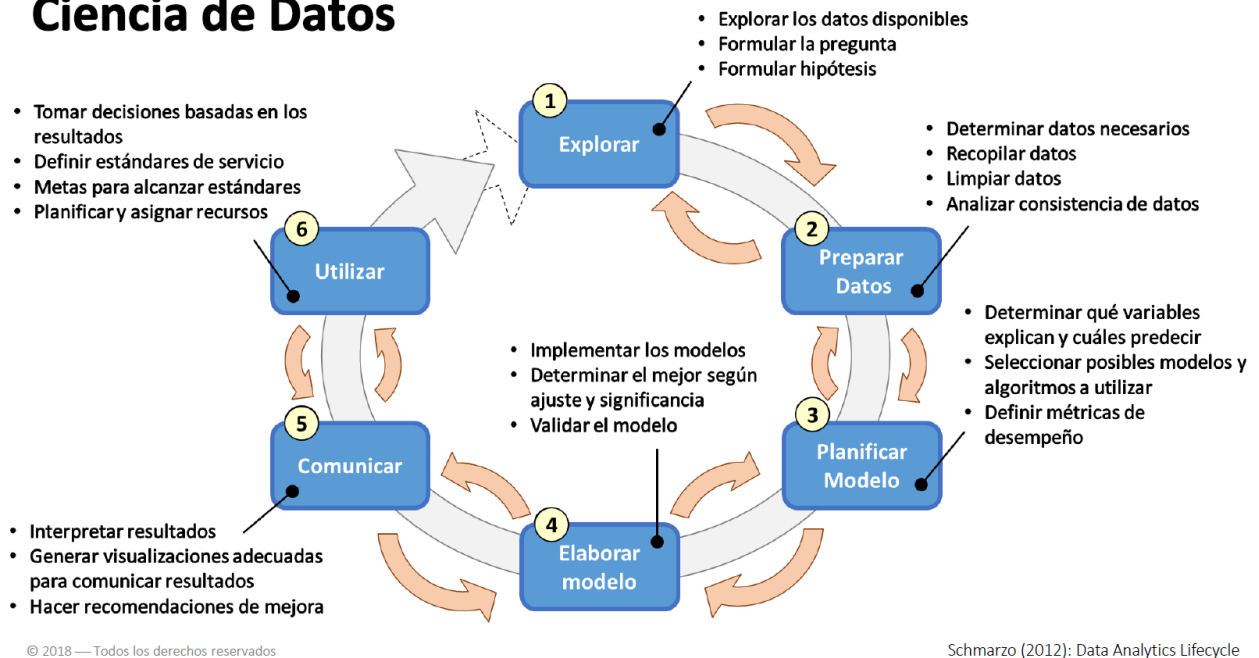


Figura 3.1: Diagrama de los pasos para el agrupamiento. Fuente: Schmarzo (Clase Rodríguez).

Se utilizará como metodología lo expuesto en la figura 3.1, comenzando con la preparación de los datos que implica la selección, limpieza y creación de variables. Continuando con la implementación de 3 modelos de aprendizaje no supervisado (K-Means, GMM y HAC), finalizando con una evaluación y explicación de los resultados.

3.1. Variables y pre-procesamiento

Siguiendo los pasos de la figura 3.1, la formulación de la pregunta e hipótesis fueron realizadas en la pregunta de investigación y en los resultados esperados en el primer capítulo, por lo que sigue explorar los datos disponibles.

En esta sección se nombrarán las variables de los EEP. Con esto será posible divisar con que variables se trabajará, esto para revisar la cantidad de observaciones disponibles para cada una de ellas (porcentaje de cobertura), es decir, chequear que todos los EEP cuenten con datos para cada una de las variables a utilizar. En base a esto, se deberá seleccionar las variables que representen a todos los EEP e imputar los datos incompletos según su relevancia.

3.1.1. Variables a utilizar

Se usarán las siguientes variables: matrícula por estudiante de educación parvularia, básica y media. Índice de desempeño escolar, eficiencia técnica escolar, categoría de desempeño, índice de vulnerabilidad escolar, ruralidad MINEDUC o índice de ruralidad CIAE y superficie de comunas BCN.

Luego de escoger las principales variables a utilizar, estas serán descargadas desde los sitios web respectivos, datos abiertos del MINEDUC, JUNAEB, BCN y se solicitará al CIAE los datos del índice de ruralidad.

Nombre		Descripción
Variable		Nombre de la variable analizada.
Unidad		Unidad de la variable.
Cobertura	N o %	N: Tamaño de la muestra, %: porcentaje de cobertura.
Nivel	Parvularia	La variable está disponible para el nivel de parvularia.
	Básica	La variable está disponible para el nivel de básica.
	Media	La variable está disponible para el nivel de media.
Nivel Datos	Estudiante (MRUN)	Los datos de la variable están disponibles a nivel de estudiante por MRUN.
	EE	Los datos de la variable están disponibles a nivel de EE.
	Comuna	Los datos de la variable están disponibles a nivel de Comuna.
	SLEP	Los datos de la variable están disponibles a nivel de SLEP.
Periodicidad		Cada cuánto se actualiza la variable, si corresponde.
Año(s) usado(s)		Años analizados.

Tabla 3.1: Descripción del análisis realizado a las posibles variables a utilizar.

Fuente: Elaboración Propia

Mediante una tabla desglosada según los criterios presentados en la tabla 3.1, será posible visibilizar de manera resumida y comparable cada una de las variables, respecto a: su unidad de medida, su cobertura de EEP, los niveles educacionales para los que está disponible, también los niveles de detalle de los datos, su periodicidad de muestreo/publicación, los años a utilizar y el origen de las variables. Esta información, permitirá filtrar en caso de ser necesario las variables que no estén representando a todos o gran parte de los EEP, ya que, al usarse disminuirían el tamaño de la muestra

y no se estaría caracterizando a todos los EEP y por lo tanto a los SLEP de manera completa.

3.1.1.1. Imputación IVE para Parvularia

De existir variables que no estén disponibles para alguno de los niveles educacionales y dónde las variables sean propias de los estudiantes (input del EEP) y no un resultado de cada EEP (output del EEP), estas podrán ser imputadas utilizando información histórica de cada estudiante, donde se encuentra en el nivel educacional inmediatamente inferior/superior y se realiza una imputación de dicho nivel superior al nivel que no tiene su imputación definida.

Dados los altos niveles del índice de vulnerabilidad, es que se hace muy importante contar con este indicador para caracterizar a los SLEP. Como solo existe IVE para los niveles de básica y media, se realiza una imputación para en nivel de parvularia. Para obtener un IVE de educación parvularia que actualmente no existe, se realiza una imputación de este, mediante una búsqueda de todos los estudiantes de los EE de parvularia de un año determinado hasta el momento en que ingresan a primero básico (o a su equivalente en el caso de la educación especial) en un establecimiento que tenga IVE de educación básica, buscando en los años siguientes.

Se utilizará como año base el 2011 ya que es la base de datos por MRUN de parvularia más antigua que se encuentra disponible, realizando la búsqueda entre los años 2012 y 2019, almacenando los MRUN⁹ de los estudiantes buscados, el ID_ESTAB¹⁰ de los EE de parvularia de origen y el RBD¹¹ del establecimiento donde fue encontrado por primera vez. La información almacenada, se juntará con los IVE de básica existentes, generando una tabla con MRUN, ID_ESTAB, RBD e IVE básica, cuyo tamaño será la cantidad de estudiantes de parvularia. Finalmente se debe promediar el IVE para cada EE de parvularia (ID_ESTAB), obteniendo un IVE de parvularia para cada uno de los EE.

Dado que hay EE que cuentan con uno, dos o tres niveles de educativos, luego de la imputación habrán EE que cuentan con uno, dos o tres de estos niveles de IVE, por ello, luego de la imputación se calculará un promedio ponderado del IVE de cada nivel con la matrícula respectiva de cada uno de estos niveles, obteniendo un IVE ponderado para cada EE.

3.1.2. Creación de variable Índice de dispersión por SLEP

Desde el diseño de los SLEP, se ha tenido en cuenta la diversidad territorial existente entre ellos, por esto se hace de suma importancia poder considerar esta diversidad mediante variables cuantitativas. Una primera aproximación, sería la superficie en Km^2 de cada SLEP, la que puede ser calculada sumando la superficie de cada comuna¹². Otra aproximación, es el índice de ruralidad creado por el CIAE, que clasifica a los EE en 5 categorías desde urbano hasta silvestre.

Una última aproximación cuantitativa que sería posible realizar con los datos existentes, es una que considere la distancia desde cada uno de los EEP hasta el SLEP. Si bien la distancia más simple de calcular es la euclidiana, como se puede ver a la derecha en la figura 3.2, esta no siempre es la

⁹ MRUN: Indicador ficticio único de cada estudiante (máscara del RUT).

¹⁰ ID_ESTAB: Identificador del establecimiento de los establecimientos educacionales pertenecientes a JUNJI, Fundación Integra y aquellos reconocidos oficialmente por el estado.

¹¹ RBD: Rol base de datos del establecimiento.

¹² Utilizando los shapefiles (shp) de las comunas de Chile, disponibles en la biblioteca del congreso nacional, en <https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/10396/2/Comunas.zip>.

más cercana a la realidad.

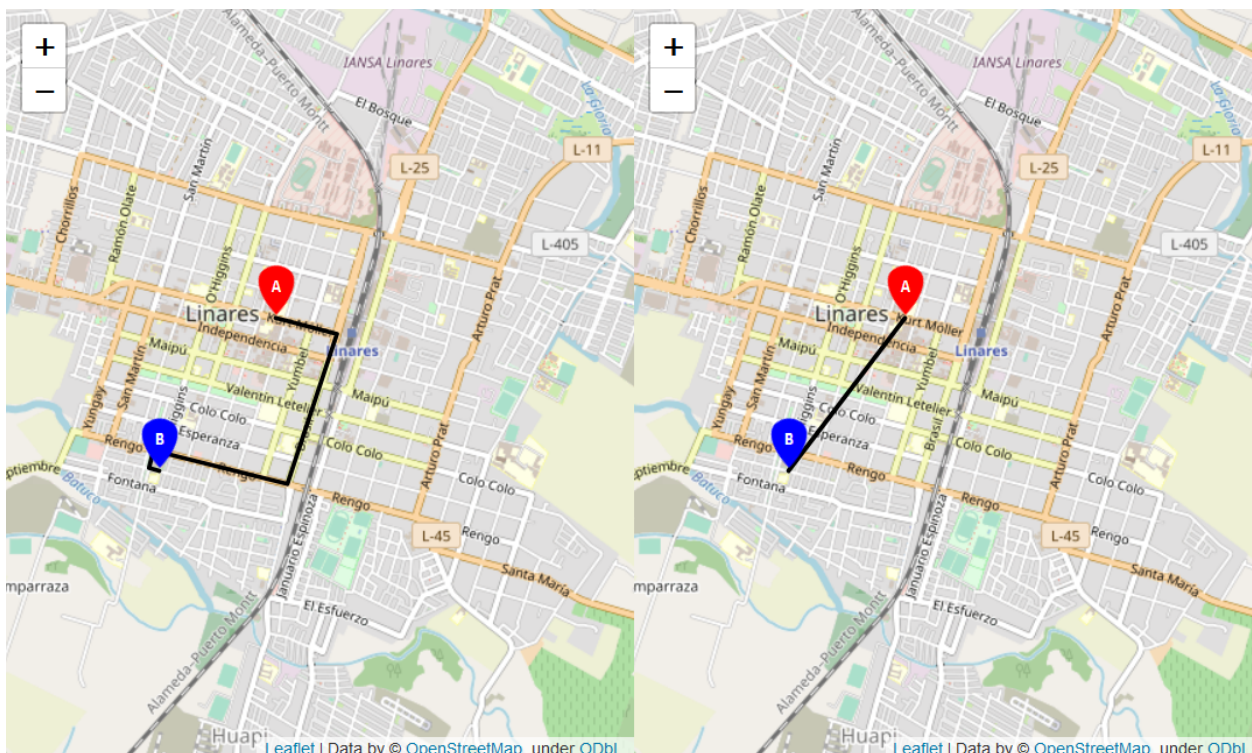


Figura 3.2: A modo de ejemplo, se analiza brevemente el caso de la Escuela Juan Martínez de Rosas (punto B) ubicada en la comuna de Linares, en el SLEP Los Álamos, en la Región del Maule, al lado izquierdo, se muestra la ruta calculada con OSRM hasta el centro del SLEP (punto A), donde se obtuvo una distancia en auto de 2.1Km y al lado derecho en línea recta, donde se obtuvo 1.0Km. Fuente: Elaboración Propia.

Es por esto, que el cálculo de distancias escogido fue el entregado por el software libre Open Source Routing Machine¹³(OSRM), un ejemplo de OSRM es el mostrado en el lado izquierdo de la figura 3.2. Las distancias serán calculadas utilizando como medio de transporte el auto, con los mapas de Chile disponibles en geofabrik¹⁴, utilizando las coordenadas de los establecimientos que entrega el MINEDUC y las de los centros de cada SLEP que existieran al momento de realizar el cálculo, en caso contrario las de las plazas de las comunas capitales de cada SLEP.

Una vez que se tengan las distancias de los EEP a los centros de los SLEP, buscando mejorar el clásico promedio simple es que se agrupan las distancias en rangos de distancias, considerando que la máxima distancia desde el centro de un SLEP a un EEP es de 1.071 Kilómetros, es que se utiliza un rango de 50 Kilómetros y para cada SLEP se realiza un promedio ponderado por la matrícula de cada rango de distancias, como se ve en la ecuación 3.1.

¹³ <https://project-osrm.org>

¹⁴ <https://download.geofabrik.de/south-america/chile.html>

$$\text{Dispersión SLEP}_i = \frac{\sum_{\text{Rango}_{ij}} \frac{\text{Máximo Distancias}}{\text{Rango}_{ij}} \cdot \frac{\text{Matrícula}}{\text{Rango}_{ij}}}{\text{Matrícula SLEP}_i} \quad (3.1)$$

Fórmula utilizada para calcular la dispersión por SLEP.

3.1.3. Consolidación de Variables

El primer nivel de agrupamiento será realizado a nivel de EEP, previo a esto se consolidarán en una sola base de datos las variables seleccionadas a nivel de EE, utilizando los softwares estadísticos R y Python, como llave única el RBD/ID_ESTAB y luego filtrando por dependencia. Luego de realizar la consolidación de las bases, se podrá ver las observaciones que queden incompletas, dependiendo de la cantidad de datos faltantes, se podrán sacar de la base o realizar algún tipo de imputación.

3.2. Agrupamiento

Posterior a la consolidación de base de datos descrita en la sección 3.1.3, se utilizarán 3 métodos o tipos de agrupamiento, utilizando la librería Scikit-learn (Pedregosa et al., 2011) en el lenguaje de programación Python los cuales son: K-Means¹⁵, GMM¹⁶ y HAC¹⁷. Con estos se definirán métricas de desempeño y determinarán sus ajustes y significancia. Para por último validar los distintos modelos.

3.3. Comparación de Resultados

Como se puede ver en la figura 3.1, en el punto 5 (comunicar) se debe interpretar los resultados, generar visualizaciones adecuadas para comunicar estos resultados y por último realizar recomendaciones de mejora.

La comparación de resultados/asignaciones de los 3 métodos de agrupamiento, se realizará mediante una comparación de los coeficientes de silhouette y AIC y además se visualizarán los resultados mediante un gráfico de categorías paralelas de las observaciones ya agrupadas. Finalmente se seleccionará el grupo que tenga mejor coeficiente de silhouette/AIC.

3.4. Segundo nivel de agrupamiento

Luego del primer nivel de agrupamiento, se debe continuar con el segundo nivel, primero realizando un conteo de la cantidad de EEP que están asignados en cada grupo para cada SLEP, como se ve en la tabla 3.2, donde cada una de las 70 filas representa a cada SLEP, cada columna $1, \dots, k$ representan los k grupos encontrados y los valores al interior de la tabla son la cantidad de EEP asociados a cada grupo y cada SLEP, por ejemplo, la cantidad de EEP en el SLEP 1 y en el grupo 1 sería a y la cantidad de EEP en el SLEP 70 y en el k -ésimo grupo, serían d .

¹⁵ <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.KMeans.html>

¹⁶ <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.mixture.GaussianMixture.html>

¹⁷ <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.AgglomerativeClustering.html>

SLEP	Grupo		
	1	...	k
1	a	...	b
⋮	⋮	⋮	⋮
70	c	...	d

Tabla 3.2: Ejemplo resumen de resultados de clusterización por SLEP. Fuente: Elaboración Propia.

El segundo nivel de agrupamiento, será realizado a nivel de SLEP, por lo que la base de datos utilizada para el agrupamiento tendrá dos partes, la primera serán los resultados del agrupamiento de primer nivel, como los mostrados en la tabla 3.2 y la segunda, las variables que solo estaban a nivel de SLEP, como son la superficie y el índice de dispersión. Luego, a esta base de datos se le repetirá el procedimiento del capítulo 3.3

Para complementar la caracterización de los SLEP, se llevarán las variables numéricas a nivel de SLEP, mediante la fórmula de promedio ponderado por rango, utilizada para calcular la dispersión de cada SLEP. Como se puede ver en la ecuación 3.2.

$$\text{Variable por SLEP}_i = \frac{\sum_{\text{Rango}_{ij}} \frac{\text{Máximo variable} \cdot \text{Matrícula}}{\text{Rango}_{ij}}}{\text{Matrícula SLEP}_i} \quad (3.2)$$

Fórmula utilizada para llevar las variables de nivel EE a variables por SLEP.

Resultados

4.1. Pre-Procesamiento

Teniendo en consideración la gran cantidad de EEP y de estudiantes en los distintos niveles de educación pública en Chile (el 2017 se proyectaba que al 2025 habrán de 1.272.388 estudiantes (Bellei et al., 2018)), se hace difícil encontrar variables para realizar la caracterización que estén disponibles para todos los EEP. Por lo que, para caracterizar a los SLEP, se seleccionan variables que estén disponibles para todos los EE, o gran parte de estos y que tengan baja variabilidad año a año en cada EE.

En la tabla 4.1 se puede observar que tanto las matrículas como la ruralidad están disponibles para todos los EEP y que la superficie en Km^2 está disponible para todas las comunas y, por ende, para todos los SLEP. Dada la baja cobertura para los EEP del Índice de Desempeño Escolar y de la Eficiencia Técnica Escolar, estas dos variables no serán consideradas. Como los EEP cuentan con altos índices de vulnerabilidad, se utilizará esta variable y para solucionar la falta de IVE para educación parvularia, se realizará una imputación de los datos faltantes de IVE para educación parvularia.

Al sumar las matrículas de cada EEP por SLEP, se obtiene la figura 4.1 y al contar la cantidad de EEP por SLEP, se obtienen los resultados mostrados en la figura 4.2. En ambos casos, para realizar un análisis, se dividió a los SLEP en 5 quintiles y además se ordenó por región. Los rangos en que se encuentra cada grupo y sus colores se pueden encontrar en la leyenda del gráfico y en el eje x de cada gráfico se puede diferenciar a cada SLEP con su número, nombre y región.

En la Figura 4.3 se realiza una comparación visual mediante un gráfico de categorías paralelas de las asignaciones de ruralidad realizadas por el MINEDUC y el CIAE. En el lado izquierdo se tienen 2 categorías: Urbano y Rural y al lado derecho hay 5 categorías: Urbano, Periurbano, Rururbano, Rural y Silvestre. Si bien se puede notar que la mayoría de los EEP que son urbanos para el Mineduc, también lo son para el CIAE y también que gran parte de los EEP rurales para el Mineduc son Rururbanos, Rurales o Silvestres para el CIAE, el índice de ruralidad del CIAE, permite capturar de mejor manera la diversidad de todos los EEP, por lo que este será utilizado para realizar la caracterización.

Variable	Cobertura en sus niveles	Nivel			Nivel Datos			Periodicidad	Año(s) usado(s)
		Parvularia	Básica	Media	MRUN	EE	Comuna		
	%								
Matrícula por estudiante	100		x	x	x			Anual	2011 a 2019
Matrícula educación parvularia	100	x			x			Anual	2011 a 2019
Matrícula EE	100					x		Anual	2019
Índice de Desempeño Escolar	44 ^a					x		Estudio	2014
Eficiencia Técnica Escolar	41 ^b					x		Estudio	2019
Categoría de Desempeño	64 ^c					x		Anual	2018
Índice de Vulnerabilidad Escolar	100		x	x		x	x	Anual	2019
Ruralidad MINEDUC	100	x	x	x		x		Anual	2019
Índice de Ruralidad CIAE	100	x	x	x		x		Estudio	
Superficie comunas BCN	100						x	Fijo	

Tabla 4.1: Comparación de cobertura, niveles, periodicidad y años utilizados de los datos. Fuente: Elaboración Propia.

^a Índice de Desempeño Escolar: De las 4.149 escuelas estudiadas, el 49% son escuelas municipales en el período 2002-2005, aproximadamente 2.033 EEP y un 44% 2009-2010, aproximadamente 1.826 EEP (Valenzuela y Allende, 2014).

^b Eficiencia Técnica escolar: 6.430 EE, de los cuales un 40,8% son municipales, aproximadamente 2.623 EEP (González y Fernández-Vergara, 2019).

^c Categoría de Desempeño: Si bien la categoría de desempeño es calculada por la Agencia de Calidad de la Educación con la información del SIMCE, que es rendido por todos los EE, al revisar las CD 2018 de básica y media con dependencia municipal, se puede apreciar que en básica hay un 39,23% de EEP sin CD y en media un 4,25% y al quitar los duplicados por los EE que tienen ambas CD, se llega a que de los 4.897 de dependencia municipal, 3.134 cuentan con al menos una CD, lo que representa un 64% de la muestra (Los establecimientos educacionales sin categoría de desempeño son presentados por la Agencia de Calidad de la Educación como Sin Categoría: Baja matrícula o Sin Categoría: Falta de información). Fuente: Elaboración propia en base a las categorías de desempeño 2018 disponibles en <https://informacionestadistica.agenciaeducacion.cl/#/bases>.

Si bien al 2017 (Bellei et al., 2018), se proyectaba que al 2025 el promedio de matrícula por SLEP sería de 18.177 estudiantes y la cantidad de establecimientos promedio sería de 96 EEP (entre EEP y jardines VTF), al graficar estas dos variables, en las figuras 4.1 y 4.2 se puede observar la gran diversidad tanto de matrícula como cantidad de EEP en cada uno de los SLEP.

4.1.1. Matrícula

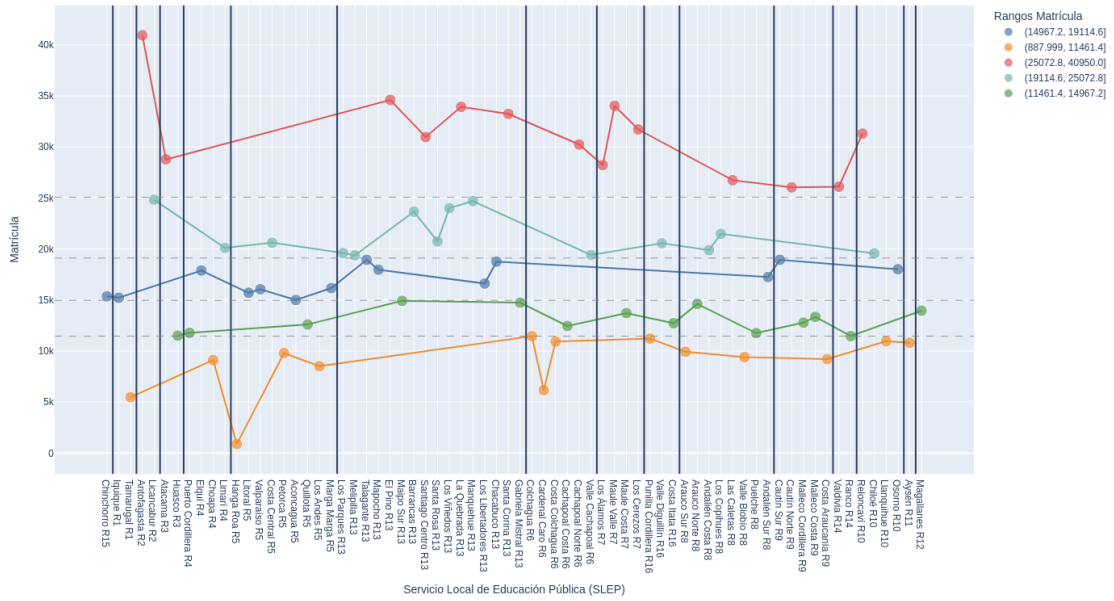


Figura 4.1: Matrícula por SLEP para todo Chile, separado por quintiles. Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2. Cantidad de Establecimientos

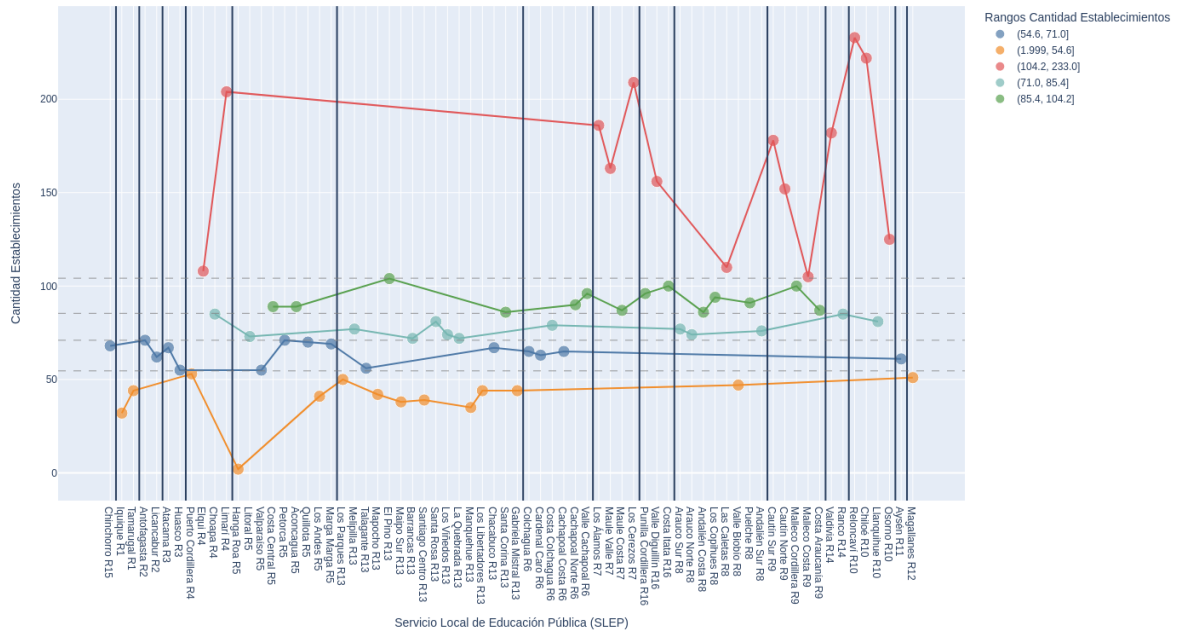


Figura 4.2: Cantidad de EEP por SLEP para todo Chile, separado por quintiles. Fuente: Elaboración Propia.

4.1.3. Ruralidad

Como ya se había mencionado, se utilizará el índice de ruralidad CIAE (Rodríguez, 2015), y al compararlo con la ruralidad utilizada por el Mineduc, se puede observar que coinciden en gran parte de los establecimientos urbanos y que a la vez el Índice de Ruralidad del CIAE muestra de mejor manera los distintos tipos de territorios donde están ubicados los EEP.

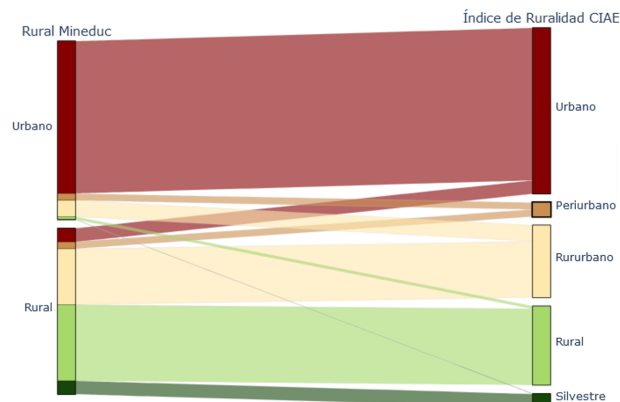


Figura 4.3: Comparación de asignaciones por EEP de Ruralidad Mineduc 2019 e Índice de Ruralidad CIAE (Rodríguez, 2015). Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 4.4 se puede observar la matrícula de cada SLEP desglosada según su Índice de Ruralidad, donde se puede apreciar que para la gran mayoría de los SLEP la matrícula se concentra en EEP Urbanos y que en solo en 4 SLEP prácticamente no hay matrícula con ruralidad urbana (Hanga Roa, Maipo, Melipilla y Chacabuco).

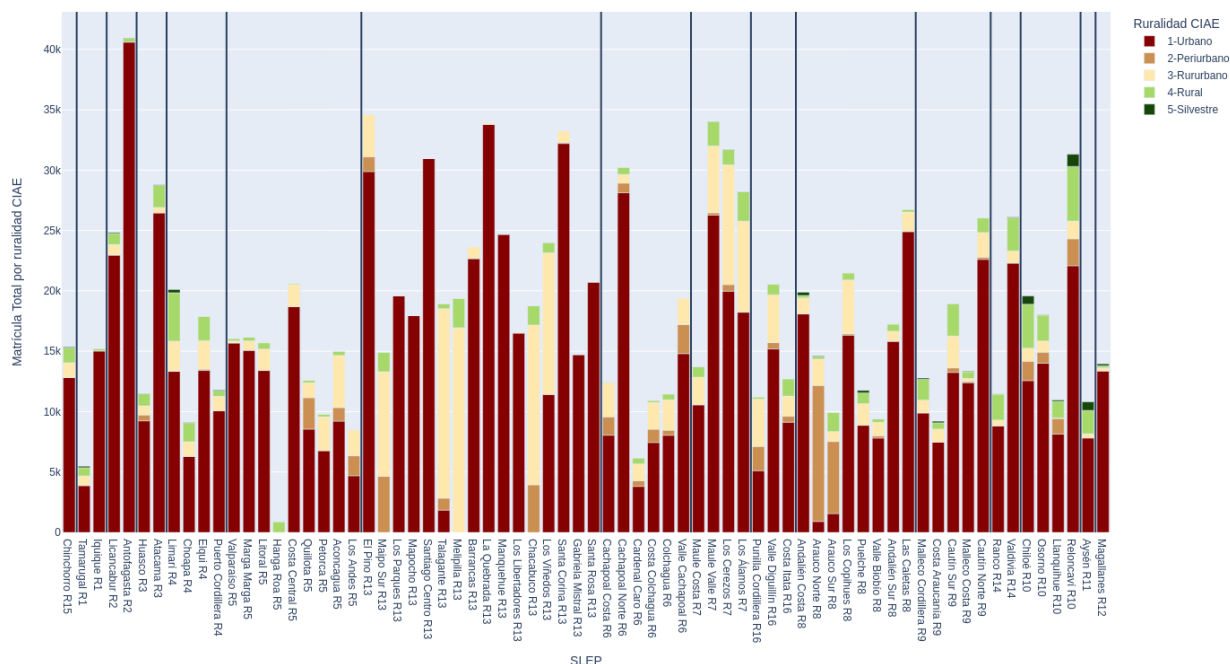


Figura 4.4: Matrícula por SLEP desglosada según IRUR para todo Chile. Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, en la figura 4.5, al comparar la cantidad de EEP según su Índice de Ruralidad, se puede observar que hay una gran presencia de EEP con Ruralidades Periurbanas, Rururbanas, Rurales y Silvestres y al contrastar esta información con la figura 4.4, se puede observar que la mayoría de la matrícula está concentrada principalmente en una ruralidad Urbana y que hay una gran cantidad de EEP con Ruralidades Periurbanas, Rururbanas, Rurales y Silvestres con baja matrícula.

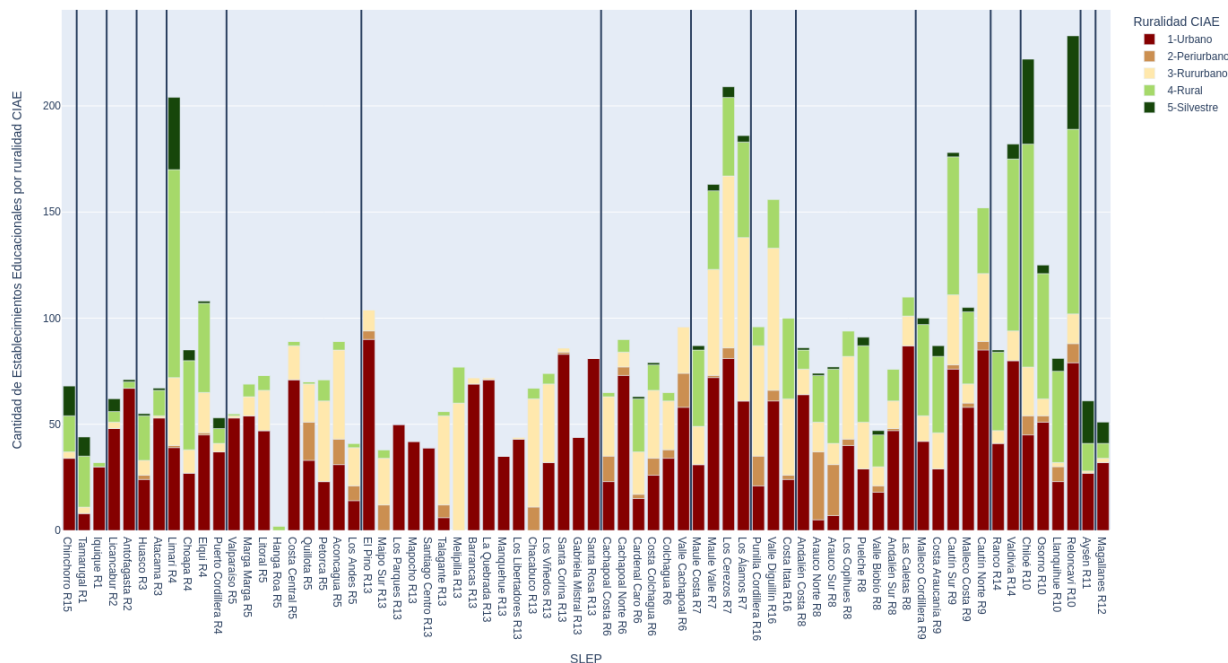


Figura 4.5: Cantidad EEP por SLEP desglosados por IRUR para todo Chile. Fuente: Elaboración Propia.

Tal como se había mencionado en un comienzo, los SLEP Chinchorro, Aysén y Magallanes abarcan una región completa, estos coinciden con 3 de los SLEP con mayor porcentaje de ruralidad Silvestre. Los SLEP que destacan con un 10% o más de ruralidad Silvestre son Aysén (32,8%), Tamarugal (20,5%), Chinchorro (20,3%), Magallanes (19,6%), Reloncaví (18,9%), Chiloé (18,0%) y Limarí (16,7%).

En el caso de la ruralidad Rural, los SLEP que tienen sobre un 50% o más son Hanga Roa (100,0%), Tamarugal (54,5%) y Llanquihue (53,1%). Entre 40 y 50%, Choapa (49,4%), Limarí (48,0%), Chiloé (47,3%), Osorno (47,2%), Arauco Sur (45,5%), Valdivia (44,5%), Ranco (43,5%), Malleco Cordillera (43,0%), Costa Araucanía (41,4%) y Maule Costa (41,4%).

Para la ruralidad Rururbana, destacan con un 50% o más los SLEP Melipilla (77,9%), Chacabuco (76,1%), Talagante (75%), Maipo Sur (57,9%), Punilla Cordillera (54,2%), Petorca (53,5%) y Los Viñedos (50,0%). Entre 40 y 50%, Aconcagua (47,2%), Los Andes (43,9%), Cachapoal Costa (43,1%), Valle Diguillín (42,9%), Los Copihues (41,5%), Los Álamos (41,4%) y Costa Colchagua (40,5%).

Los SLEP que cuentan con más de un 10% de EEP con ruralidad Periurbano son Arauco Norte

(43,2%), Arauco Sur (31,2%), Maipo Sur (31,6%), Quillota (25,7%), Cachapoal Costa (18,5%), Los Andes (17,1%), Valle Cachapoal (16,7%), Chacabuco (16,4%), Punilla Cordillera (14,6%), Aconcagua (13,5%) y Talagante (10,7%).

En el caso de la ruralidad Urbana, los SLEP que cuentan con un 75% o más de EEP con ruralidad Urbana son; Manquehue (100,0%), Gabriela Mistral (100,0%), Santa Rosa (100,0%), Los Parques (100,0%), Mapocho (100,0%), Santiago Centro (100,0%), La Quebrada (98,6%), Los Libertadores (97,7%), Santa Corina (96,5%), Valparaíso (96,4%), Barrancas (95,8%), Antofagasta (94,4%), Iquique (93,8%), El Pino (86,5%), Cachapoal Norte (81,1%), Costa Central (79,8%), Atacama (79,1%), Las Caletas (79,1%), Marga Marga (78,3%) y Licancabur (77,4%). Los SLEP con mayor proporción de esta se concentra entre los SLEP 20 y 35 (Región Metropolitana), ya que 11 de los 20 nombrados anteriormente corresponden a esta región.

4.1.4. Índice de Vulnerabilidad Escolar (IVE)

4.1.4.1. Índice de Vulnerabilidad Escolar Parvularia

Al representar a cada EEP con IVE como un punto y ordenarlos según los tipos de educación que imparte, donde cada color representa el o los niveles que imparte, detallados en la leyenda, se tiene la figura 4.6, donde se pueden observar dos aspectos importantes, el primero son los altos niveles de vulnerabilidad escolar en los EEP, los que están mayoritariamente entre el 50 y el 100%. El segundo es que hay 1.496 EEP que no cuentan con ningún IVE, los que imparten solo educación parvularia.

Además de los EEP sin ningún IVE, hay 2.640 EEP que imparten otros niveles además de educación parvularia, siendo un total de 4.136 EEP que imparten educación parvularia y no cuentan con un IVE para este nivel. En vez de reducir la muestra a los establecimientos que solo tienen IVE, se opta por realizar una imputación de la variable utilizando el IVE del EE de básica en el que estudió cada estudiante luego del nivel de parvularia, siguiendo el MRUN de cada uno de los estudiantes.

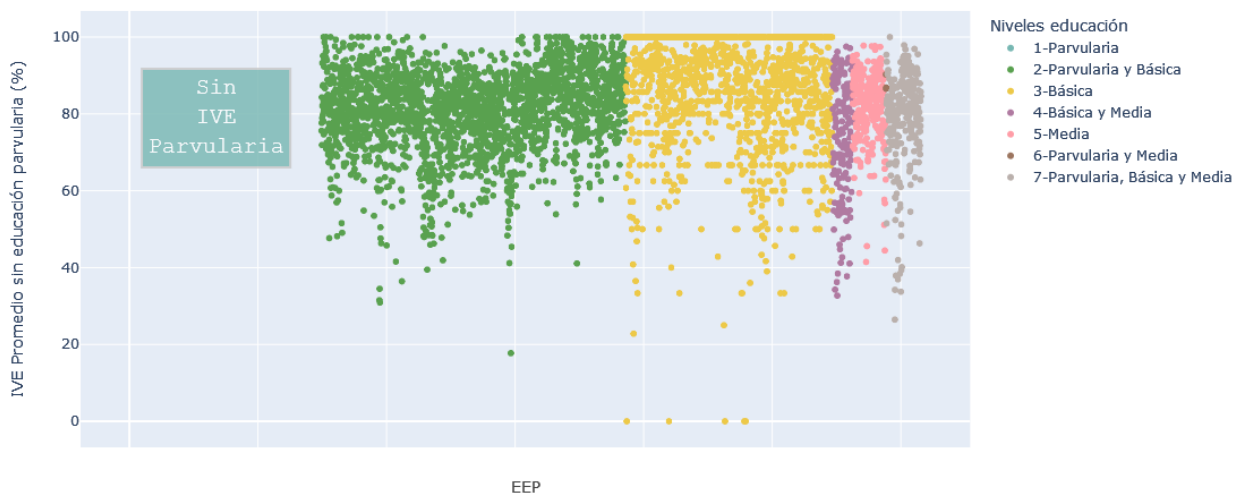


Figura 4.6: Gráfico de los IVE básica y media o IVE promedio en caso de tener más de uno. Los IVE están ordenados según los niveles impartidos por cada establecimiento. Fuente: Elaboración Propia.

Para obtener los IVE faltantes, se realiza una imputación, obteniendo los resultados presentados en la figura 4.7, luego, dado que un mismo EEP puede impartir más de un tipo de educación, y, por lo tanto, tener más de un IVE, se realiza una ponderación de los IVE según la matrícula de cada uno de los niveles impartidos con IVE, obteniendo un IVE ponderado para cada EEP como se puede ver en la figura 4.8, donde se pueden apreciar pequeños cambios en los EEP que imparten más de un tipo de educación, es decir, los niveles 2, 4, 6 y 7.



Figura 4.7: IVE parvularia, básica y media, IVE promedio en caso de tener más de uno. Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4.2. Índice de Vulnerabilidad Escolar Ponderado



Figura 4.8: IVE parvularia, básica y media, IVE ponderado en caso de tener más de uno. Fuente: Elaboración Propia.

Para poder realizar un mejor análisis y comparación entre los SLEP según el IVE ponderado de sus EEP, en la figura 4.9 se puede observar la cantidad de EEP en cada uno de los rangos de IVE presentados, pudiendo identificar a los SLEP con una mayor o menor proporción de establecimientos con un alto índice de vulnerabilidad escolar ponderado.

Los SLEP con una mayor proporción de EEP en el primer rango (con un IVE Ponderado entre 92.5% y 100%) son; Costa Araucanía (54%), Malleco Cordillera (52%), Punilla Cordillera (51%), Arauco Sur (48%), Costa Itata (45%), Malleco Costa (45%), Tamarugal (43%), Puelche (43%), Arauco Norte (42%) y Valle Biobío (40%).

Los SLEP con una mayor proporción de EEP en el segundo rango (con un IVE Ponderado entre 86,8% y 92,5%) son; Los Álamos (37%), Aconcagua (36%), Punilla Cordillera (34%), Maule Valle (33%), Costa Itata (33%), Puelche (33%), Maule Costa (32%), Los Cerezos (32%), Andalién Costa (30%) y Quillota (30%).

Los SLEP con una mayor proporción de EEP en el tercer rango (con un IVE Ponderado entre 81,9% y 86,8%) son; Hanga Roa (50%), Quillota (41%), Barrancas (39%), Litoral (33%), Chacabuco (33%), Valparaíso (33%), El Pino (33%), Santa Rosa (31%), Cachapoal Costa (31%), Valle Cachapoal (30%) y Cardenal Caro (30%).

Los SLEP con una mayor proporción de EEP en el cuarto rango (con un IVE Ponderado entre 75% y 81,9%) son; Maipo Sur (50%), Talagante (50%), Los Parques (44%), Santa Rosa (43%), Barrancas (42%), Gabriela Mistral (39%), Valle Cachapoal (36%) y Los Libertadores (36%).

Los SLEP con una mayor proporción de EEP en el quinto rango (con un IVE Ponderado entre 0% y 75%) son; Manquehue (94%), Santiago Centro (92%), Antofagasta (87%), Licancabur

(81%), Magallanes (73%), Santa Corina (65%), La Quebrada (57%), Los Libertadores (50%), Hanga Roa (50%), Mapocho (48%) y Aysén (41%).

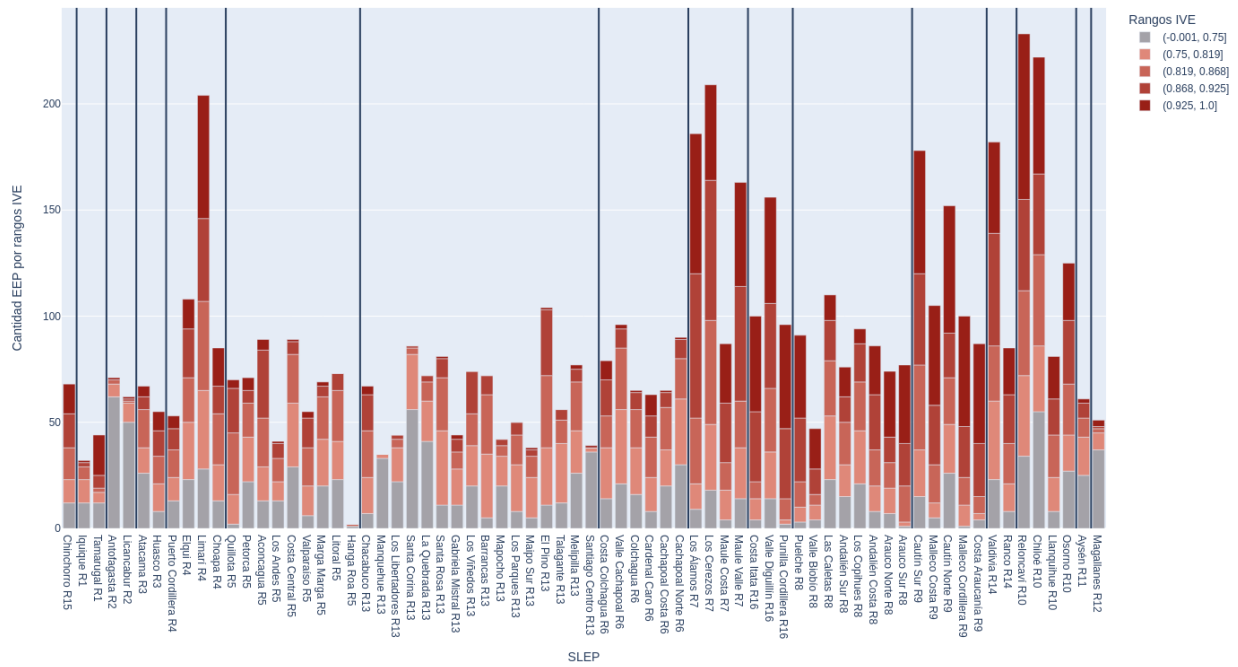


Figura 4.9: IVE ponderado . Fuente: Elaboración Propia.

4.1.5. Dispersión

4.1.5.1. Índice de Dispersión

Región	SLEP	Dispersión	Tercil	Región	SLEP	Dispersión	Tercil
Metropolitana	Barrancas	50,0	Baja	Valparaíso	Petorca	54,4	Media
Metropolitana	El Pino	50,0	Baja	La Araucanía	Cautín Norte	54,6	Media
Metropolitana	Gabriela Mistral	50,0	Baja	Valparaíso	Valparaíso	55,4	Media
Metropolitana	La Quebrada	50,0	Baja	Los Lagos	Osorno	56,3	Media
Metropolitana	Los Libertadores	50,0	Baja	Biobío	Arauco Sur	56,4	Media
Metropolitana	Los Parques	50,0	Baja	Ñuble	Punilla Cordillera	56,8	Media
Metropolitana	Los Viñedos	50,0	Baja	Atacama	Huasco	57,2	Media
Metropolitana	Maipo Sur	50,0	Baja	Coquimbo	Puerto Cordillera	57,3	Media
Metropolitana	Manquehue	50,0	Baja	Ñuble	Valle Diguillín	58,5	Media
Metropolitana	Mapocho	50,0	Baja	Biobío	Los Copihues	60,1	Media
Metropolitana	Santa Corina	50,0	Baja	Metropolitana	Melipilla	60,9	Media
Metropolitana	Santa Rosa	50,0	Baja	Los Ríos	Ranco	61,5	Media
Metropolitana	Santiago Centro	50,0	Baja	Coquimbo	Limarí	62,4	Alta
Metropolitana	Talagante	50,0	Baja	Coquimbo	Elqui	62,4	Alta
O'Higgins	Cachapoal Norte	50,0	Baja	Los Lagos	Llanquihue	62,4	Alta
O'Higgins	Colchagua	50,0	Baja	Maule	Los Cerezos	62,7	Alta
Valparaíso	Aconcagua	50,0	Baja	Antofagasta	Antofagasta	65,0	Alta
Valparaíso	Hanga Roa	50,0	Baja	La Araucanía	Costa Araucanía	65,3	Alta
Valparaíso	Los Andes	50,0	Baja	Ñuble	Costa Itata	69,5	Alta
Valparaíso	Quillota	50,0	Baja	La Araucanía	Malleco Costa	71,3	Alta
Biobío	Las Caletas	50,1	Baja	Biobío	Puelche	71,7	Alta
Valparaíso	Marga Marga	50,1	Baja	Los Lagos	Chiloé	72,3	Alta
O'Higgins	Valle Cachapoal	50,4	Baja	Atacama	Atacama	72,7	Alta
Maule	Maule Valle	50,4	Baja	Coquimbo	Choapa	73,0	Alta
Biobío	Andalién Sur	50,7	Media	O'Higgins	Cardenal Caro	74,5	Alta
O'Higgins	Costa Colchagua	50,7	Media	Los Ríos	Valdivia	74,8	Alta
Valparaíso	Costa Central	50,8	Media	Tarapacá	Tamarugal	76,0	Alta
Tarapacá	Iquique	50,8	Media	La Araucanía	Cautín Sur	76,8	Alta
O'Higgins	Cachapoal Costa	51,3	Media	Los Lagos	Reloncaví	77,3	Alta
Biobío	Andalién Costa	51,7	Media	La Araucanía	Malleco Cordillera	78,1	Alta
Biobío	Valle Biobío	52,0	Media	Biobío	Arauco Norte	82,0	Alta
Maule	Los Álamos	52,1	Media	Antofagasta	Licancabur	87,8	Alta
Metropolitana	Chacabuco	52,1	Media	Maule	Maule Costa	88,5	Alta
Valparaíso	Litoral	52,5	Media	Magallanes	Magallanes	135,0	Alta
Arica y Parinacota	Chinchorro	53,1	Media	Aysén	Aysén	145,4	Alta

Tabla 4.2: Índice de dispersión por SLEP clasificada por terciles. Fuente: Elaboración Propia.

4.1.5.2. Distancias EEP a centros SLEP

Para obtener una medida de dispersión de los establecimientos de cada SLEP, se calculó la distancia entre cada EEP y el centro de su SLEP respectivo. Para el caso de los SLEP que aún no habían sido implementados y por ende no contaban con dirección, se utilizó la plaza de la comuna capital del SLEP.

Al buscar distancias que se asemejaran más a la realidad, se optó calcular las distancias que recorrería un auto para viajar desde el centro del SLEP a cada EEP mediante el software gratuito Open Source Routing Machine (OSRM).

Una vez calculadas las distancias para todos los EEP, se calcula el índice de dispersión por SLEP utilizando la fórmula 3.1, con rangos de 50Km, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 4.2. Además, se crearon 3 rangos de igual tamaño con las dispersiones (Baja, Media y Alta), los que se pueden observar en las columnas “Tercil” de la tabla 4.2 y éstos también diferencian a los índices de dispersión de cada SLEP mediante los colores de la figura 4.10.

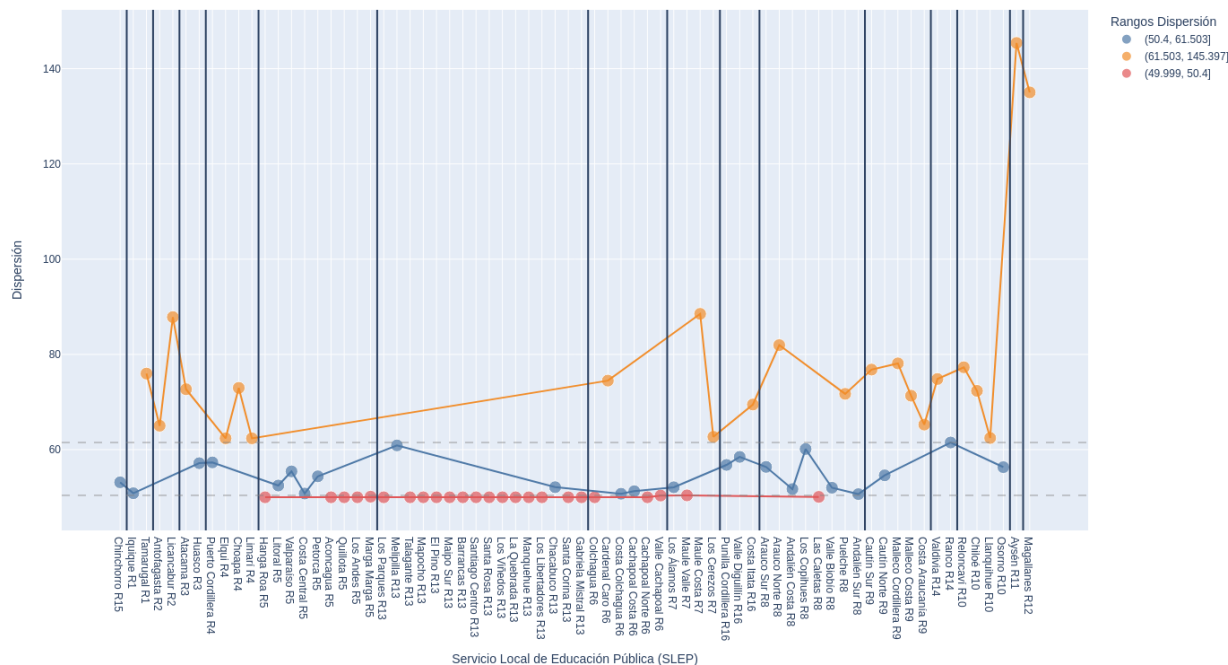


Figura 4.10: Índice de Dispersión por SLEP para todo Chile, separado por terciles.
Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 4.2 y en la figura 4.10, se puede ver que las regiones Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins, cuentan con una proporción igual o superior al 50% de sus SLEP en el primer rango de dispersión, con un 87,5%, 55,6% y 50%, respectivamente.

En el segundo rango, tenemos a las regiones de Arica y Parícuta, Ñuble, Biobío, Tarapacá, Atacama y Los Ríos con una proporción de SLEP igual o superior a un 50%, con un 100%, 66,7%, 62,5%, 50%, 50% y 50%, respectivamente.

En el tercer rango de dispersión, destacan con sobre un 50% de SLEP en este rango las regiones de Antofagasta, Aysén, Magallanes, La Araucanía, Coquimbo, Los Lagos, Tarapacá, Atacama, Maule y Los Ríos, con un 100%, 100%, 100%, 80%, 75%, 75%, 50%, 50%, 50% y 50%, respectivamente.

Las regiones que cuentan con sus SLEP en un solo rango son Antofagasta, Aysén y Magallanes en el tercer rango y Arica y Parícuta en el segundo rango. Por otro lado, las que se reparten entre los tres rangos de dispersión son O'Higgins, Maule y Biobío y las que se encuentran solo en el segundo y tercer rango son Tarapacá, Atacama, Coquimbo, La Araucanía, Los Lagos, Los Ríos y Ñuble y las que están en el primer y segundo rango son Valparaíso y Metropolitana.

4.2. Agrupamiento

Para obtener la tipología de SLEP buscada, se hace un agrupamiento en dos niveles. El primero consiste en un agrupamiento a nivel de EEP, en base a su matrícula, su IVE ponderado y su índice de ruralidad. El segundo es a nivel de SLEP, donde se agrupa considerando la superficie de cada SLEP, su índice de dispersión y el resultado del primer nivel de agrupamiento, realizando un recuento de la cantidad de establecimientos de cada grupo en cada uno de los SLEP.

4.2.1. Primer nivel

Antes de agrupar, se prepararon 3 bases de datos, para esto se separó al IRUR en 5 variables binarias y se analizó la variedad de tipos de EEP existentes, donde se obtuvieron 62 combinaciones de los tipos de educación impartidas. Para facilitar el trabajo con los datos y el análisis posterior, estas se agruparon en 4 tipos, Parvularia, Especial, Básica y Media niños, niñas y jóvenes y Básica y Media adultos. La cantidad de EEP que tenía cada tipo de educación eran los siguientes:

Tipo educación impartida EEP	Cantidad de EEP que la imparten	Sigla
Parvularia	4.227	P
Básica y Media niñas, niños y jóvenes	4.666	BM (N)
Básica y Media adultos	250	BM (A)
Especial	192	E

Tabla 4.3: Cantidad de EEP y sigla para cada tipo de educación impartida. Fuente: Elaboración Propia.

Luego se buscaron las combinaciones posibles de estos tipos de educación, obteniendo 9 tipos de establecimientos:

Tipos Educación	EEP
P y BM (N)	2.459
BM (N)	1.787
P	1.495
E, P y BM (N)	142
P, BM (N) y BM (A)	120
BM (N) y BM (A)	108
E y BM (N)	28
E, BM (N) y BM (A)	11
E, P, BM (N) y BM (A)	11

Tabla 4.4: Cantidad de EEP para cada combinación de tipo de educación impartida. Fuente: Elaboración Propia.

Buscando obtener los mejores resultados de las agrupaciones, se utilizaron tres versiones de los datos:

1. La primera versión tenía 10 variables, una para cada tipo de ruralidad (5 en total), el IVE promedio del EEP y una variable con la matrícula de cada tipo de educación (P, BM (N), BM

(A) y E).

2. La segunda versión tenía 11 variables, una para cada tipo de ruralidad (5 en total), el IVE promedio del EEP, una variable con la matrícula total y una variable binaria cuando contaba con ese tipo de educación (P, BM (N), BM (A) y E).
3. La tercera versión tenía 16 variables, una para cada tipo de ruralidad (5 en total), el IVE promedio del EEP, una variable con la matrícula total y una variable binaria cuando contaba con uno de los 9 tipos de educación definidos anteriormente en la tabla 4.4.

Luego de buscar los parámetros óptimos de cada tipo de agrupación para agrupar a los EEP con las tres versiones (estandarizadas), se obtuvieron los siguientes resultados óptimos:

Versión	Agrupación	Grupos	Silhouette Óptimo	AIC Óptimo
1 (10 variables) 5 IRUR, IVE, 4 matrículas por tipo EEP	K-Means	7	53 %	
	GMM	20		-483.335
	HAC	7	52 %	
2 (11 variables) 5 IRUR, IVE, matrícula total, 4 binarias tipo EEP	K-Means	16	59 %	
	GMM	20		-597.919
	HAC	18	58 %	
3 (16 variables) 5 IRUR, IVE, matrícula total, 9 binarias tipo EEP	K-Means	19	65 %	
	GMM	20	59 %^a	-957.694
	HAC	16	55 %	

Tabla 4.5: Resultados óptimos para selección de la agrupación de primer nivel.

Fuente: Elaboración Propia.

^a En la versión 3, para encontrar si era mejor la agrupación de K-Means o GMM, se calculó el coeficiente de Silhouette de GMM.

Dados los resultados presentados en la tabla 4.5, se selecciona la Versión 3 con 19 grupos entregada por K-Means con un coeficiente de silhouette de 65%.

Para complementar el análisis de los 19 grupos, se resumieron las variables en la tabla 4.6, donde cada columna representa un grupo.

Grupo	EEP-0	EEP-1	EEP-2	EEP-3	EEP-4	EEP-5	EEP-6	EEP-7	EEP-8	EEP-9	EEP-10	EEP-11	EEP-12	EEP-13	EEP-14	EEP-15	EEP-16	EEP-17	EEP-18	Total		
Cantidad EEP	627	1.142	991	242	349	28	930	108	120	11	88	142	11	299	273	305	253	131	111	6161		
% EEP	10,2%	18,5%	16,1%	3,9%	5,7%	0,5%	15,1%	1,8%	1,9%	0,2%	1,4%	2,3%	0,2%	4,9%	4,4%	5,0%	4,1%	2,1%	1,8%	100,0%		
IRUR		1.142	991			20		92	78	9		109	9		273		245		131		2.968	
Urbano						2		7	8			88	9								247	
Periurbano																					1.292	
Rururbano	627					3		8	27					299		305		5			1.409	
Rural					349	3	930		5	2			6						111		245	
Silvestre				242					1	2											83%	
IVE	84%	82%	81%	88%	85%	88%	89%	82%	83%	85%	84%	83%	85%	86%	80%	88%	60%	82%	88%		83%	
Promedio	9%	8%	8%	18%	10%	10%	13%	9%	9%	7%	6%	10%	6%	7%	12%	13%	13%	8%	6%		10%	
Desviación E.																						
Matrícula						313			6.687	232		2.151	127								2.823	
Especial	17.828	56.088	73.077	345	6.837				592	4.565	7.916			16.409					23.470	4.245	3.182	221.241
Parvularia	99.691	340.367		3.115	33.701	9.986	15.235	53.748	51.631	3.481	49.940	5.785		108.473		11.371	212.300	30.341			1.029.165	
BM(N)								11.871	12.890	760											26.393	
BM(A)																					26.393	
Matrícula total	117.519	396.455	73.077	3.460	40.538	10.299	15.235	65.619	71.208	5.065	4.565	60.007	6.784	16.409	108.473	11.371	235.770	34.586	3.182		1.279.622	
Tipo Educación (Cant. EEP)						28															28	
E-BM(N)																					11	
E-BM(NyA)													11								142	
E-P-BM(N)														142							11	
E-P-BM(NyA)										11											1.787	
BM(N)				213			930								273	305	47	19			108	
BM(NyA)								108													1.495	
P			991	6							88			299						111	2.459	
P-BM(N)	627	1.142		23	349													206	112		120	
P-BM(NyA)									120												120	

Tabla 4.6: Resumen resultados agrupación de primer nivel. Fuente: Elaboración Propia.

El grupo EEP-0 está compuesto por 627 EEP, los que representan un 10,2% de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Rururbano y cuentan con un IVE promedio de 83,9%, con una desviación estándar de 9,1%. Los tipos de educación que imparten los EEP son parvularia, básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula de 17.828 en parvularia y 99.691 en básica y media de niñas, niños y jóvenes.

El grupo EEP-1 está compuesto por 1.142 EEP, los que representan un 18,5% de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Urbano y cuentan con un IVE promedio de 81,6%, con una desviación estándar de 7,6%. Los tipos de educación que imparten los EEP son parvularia, básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula de 56.088 en parvularia y 340.367 en básica y media de niñas, niños y jóvenes.

El grupo EEP-2 está compuesto por 991 EEP, los que representan un 16,1% de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Urbano y cuentan con un IVE promedio de 81,2%, con una desviación estándar de 8,1%. El tipo de educación que imparten los EEP es de parvularia, con una matrícula total de 73.077.

El grupo EEP-3 está compuesto por 242 EEP, los que representan un 3,9% de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Silvestre y cuentan con un IVE promedio de 87,8%, con una desviación estándar de 17,8%. Los tipos de educación que imparten los EEP son parvularia, básica y media de niñas, niños y jóvenes y parvularia, básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula de 345 en parvularia y 3.115 en básica y media de niñas, niños y jóvenes.

El grupo EEP-4 está compuesto por 349 EEP, los que representan un 5,7% de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Rural y cuentan con un IVE promedio de 85%, con una desviación estándar de 10,3%. El tipo de educación que imparten los EEP es de parvularia, básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula de 6.837 en parvularia y 33.701 en básica y media de niñas, niños y jóvenes.

El grupo EEP-5 está compuesto por 28 EEP, los que representan un 0,5% de los EEP a nivel nacional. Sus EEP tienen IRUR Urbano, Periurbano, Rururbano y Rural y cuentan con un IVE promedio de 87,5%, con una desviación estándar de 9,6%. Los tipos de educación que imparten los EEP son especial, básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula de 313 en especial

y 9.986 en básica y media de niñas, niños y jóvenes.

El grupo EEP-6 está compuesto por 930 EEP, los que representan un 15,1 % de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Rural y cuentan con un IVE promedio de 88,9 %, con una desviación estándar de 13 %. El tipo de educación que imparten los EEP es de básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula total de 15.235.

El grupo EEP-7 está compuesto por 108 EEP, los que representan un 1,8 % de los EEP a nivel nacional. Sus EEP tienen IRUR Urbano, Periurbano, Rururbano y Silvestre y cuentan con un IVE promedio de 82 %, con una desviación estándar de 8,8 %. El tipo de educación que imparten los EEP es de básica y media tanto de niñas, niños y jóvenes como de adultos, con una matrícula de 53.748 en básica y media de niñas, niños y jóvenes y 11.871 en básica y media adultos.

El grupo EEP-8 está compuesto por 120 EEP, los que representan un 1,9 % de los EEP a nivel nacional. Sus EEP tienen IRUR Urbano, Periurbano, Rururbano, Rural y Silvestre y cuentan con un IVE promedio de 83,3 %, con una desviación estándar de 9 %. Los tipos de educación que imparten los EEP son parvularia, básica y media tanto de niñas, niños y jóvenes como de adultos, con una matrícula de 6.687 en parvularia, 51.631 en básica y media de niñas, niños y jóvenes y 12.890 en básica y media adultos.

El grupo EEP-9 está compuesto por 11 EEP, los que representan un 0,2 % de los EEP a nivel nacional. Sus EEP tienen IRUR Urbano y Rural y cuentan con un IVE promedio de 85,3 %, con una desviación estándar de 7,1 %. Los tipos de educación que imparten los EEP son especial, parvularia y básica y media tanto de niñas, niños y jóvenes como de adultos, con una matrícula de 232 en especial, 592 en parvularia, 3.481 en básica y media de niñas, niños y jóvenes y 760 en básica y media adultos.

El grupo EEP-10 está compuesto por 88 EEP, los que representan un 1,4 % de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Periurbano y cuentan con un IVE promedio de 84,4 %, con una desviación estándar de 6 %. El tipo de educación que imparten los EEP es de parvularia, con una matrícula total de 4.565.

El grupo EEP-11 está compuesto por 142 EEP, los que representan un 2,3 % de los EEP a nivel nacional. Sus EEP tienen IRUR Urbano, Periurbano, Rururbano y Rural y cuentan con un IVE promedio de 82,6 %, con una desviación estándar de 9,6 %. Los tipos de educación que imparten los EEP son especial, parvularia, básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula de 2.151 en especial, 7.916 en parvularia y 49.940 en básica y media de niñas, niños y jóvenes.

El grupo EEP-12 está compuesto por 11 EEP, los que representan un 0,2 % de los EEP a nivel nacional. Sus EEP tienen IRUR Urbano y Periurbano y cuentan con un IVE promedio de 84,9 %, con una desviación estándar de 6,1 %. Los tipos de educación que imparten los EEP son especial y básica y media tanto de niñas, niños y jóvenes como de adultos, con una matrícula de 127 en especial, 5.785 en básica y media de niñas, niños y jóvenes y 872 en básica y media adultos.

El grupo EEP-13 está compuesto por 299 EEP, los que representan un 4,9 % de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Rururbano y cuentan con un IVE promedio de 85,6 %, con una desviación estándar de 6,7 %. El tipo de educación que imparten los EEP es de parvularia,

con una matrícula total de 16.409.

El grupo EEP-14 está compuesto por 273 EEP, los que representan un 4,4% de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Urbano y cuentan con un IVE promedio de 80,2%, con una desviación estándar de 12,4%. El tipo de educación que imparten los EEP es de básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula total de 108.473.

El grupo EEP-15 está compuesto por 305 EEP, los que representan un 5% de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Rururbano y cuentan con un IVE promedio de 87,8%, con una desviación estándar de 12,6%. El tipo de educación que imparten los EEP es de básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula total de 11.371.

El grupo EEP-16 está compuesto por 253 EEP, los que representan un 4,1% de los EEP a nivel nacional. Sus EEP tienen IRUR Urbano, Rururbano y Rural y cuentan con un IVE promedio de 60,1%, con una desviación estándar de 13,1%. Los tipos de educación que imparten los EEP son parvularia, básica y media de niñas, niños y jóvenes y básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula de 23.470 en parvularia y 212.300 en básica y media de niñas, niños y jóvenes.

El grupo EEP-17 está compuesto por 131 EEP, los que representan un 2,1% de los EEP a nivel nacional. Sus EEP tienen un IRUR Periurbano y cuentan con un IVE promedio de 82,3%, con una desviación estándar de 7,8%. Los tipos de educación que imparten los EEP son parvularia, básica y media de niñas, niños y jóvenes y básica y media de niñas, niños y jóvenes, con una matrícula de 4.245 en parvularia y 30.341 en básica y media de niñas, niños y jóvenes.

El grupo EEP-18 está compuesto por 111 EEP, los que representan un 1,8% de los EEP a nivel nacional. Todos sus EEP tienen un IRUR Rural y cuentan con un IVE promedio de 88,2%, con una desviación estándar de 5,9%. El tipo de educación que imparten los EEP es de parvularia, con una matrícula total de 3.182.

Tipos Educación	EEP	Grupos
P y BM (N)	2.459	1, 0, 4, 16, 17 y 3
BM (N)	1.787	6, 15, 14, 3, 16 y 17
P	1.495	2, 13, 18, 10 y 3
E, P y BM (N)	142	11
P, BM (N) y BM (A)	120	8
BM (N) y BM (A)	108	7
E y BM (N)	28	5
E, BM (N) y BM (A)	11	12
E, P, BM (N) y BM (A)	11	9

Tabla 4.7: Grupos asociados a cada combinación de tipo de educación impartida.
Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar los resultados de la primera agrupación mediante la tabla 4.6, se puede ver que los grupos EEP-11, EEP-8, EEP-7, EEP-5, EEP-12 y EEP-9, representan a los 6 tipos de educación con menor cantidad de EEP, mientras que los 13 grupos restantes clasificaron a los demás entre los

tres tipos con mayor cantidad de EEP donde hay 3 grupos “compartidos”, el EEP-3 entre los tres tipos y el EEP-12 y EEP-17 entre P y BM(N) y BN(N), como se puede ver en la tabla 4.7.

Los cinco grupos donde fueron asignados los EEP que tienen solo parvularia (P) están también agrupados por el índice de ruralidad, ya que el grupo EEP-2 es urbano, el EEP-10 es periurbano, el EEP-13 rururbano, el EEP-18 rural y el EEP-3 silvestre.

Los grupos que agruparon a los EEP que solo tienen BM (N), también están ordenados por su índice de ruralidad (exceptuando el grupo EEP-16) el grupo EEP-14 es urbano, el EEP-17 es periurbano, el EEP-15 es rururbano, el EEP-6 es rural y el EEP-3 silvestre.

Con respecto a P y BM(N) juntas, el índice de ruralidad (exceptuando el grupo EEP-16) del grupo EEP-1 es urbano, el EEP-17 es periurbano, el EEP-0 es rururbano, el EEP-4 es rural y el EEP-3 silvestre.

Si bien el grupo EEP-16 se clasificó en tres ruralidades (urbano, rururbano y rural) y con dos tipos de educación, BM(N) y P-BM(N), debido a que la parte donde más destaca por sobre los demás grupos es su IVE promedio, ya que es el promedio más bajo, con un $60\% \pm 13\%$.

El grupo EEP-3 estuvo en los tres tipos de educación, pero fué debido a que este agrupó a los EEP con ruralidad silvestre.

4.2.2. Segundo nivel

Luego de tener los resultados de la primera agrupación a nivel de EEP, se realizó la segunda agrupación, esta vez a nivel de SLEP. Para esto se crea una base de datos a nivel de SLEP, resumiendo la agrupación a nivel de EEP por SLEP, mediante un recuento de EEP en cada grupo por SLEP y agregando las variables que estaban disponibles solo a nivel de SLEP; la superficie y el índice de dispersión y adicionalmente, se agrega la cantidad de EEP de cada SLEP y su matrícula total.

Al tener lista la base de datos para las 23 variables (dispersión, superficie, matrícula, cantidad de establecimientos y 19 grupos) y las 70 observaciones (SLEP), se estandariza y luego se buscan los parámetros óptimos de cada tipo de agrupación para agrupar a los SLEP y finalmente se filtran los resultados que no hacen mucho sentido como los grupos con más de un 90% de los SLEP en un solo grupo, obteniendo resultados óptimos presentados en la tabla 4.8.

23 variables: -19 # EEP/grupo -Matrícula SLEP -Cantidad EEP SLEP -Superficie SLEP -Dispersión SLEP	Agrupación	Grupos	Silhouette Óptimo	AIC Óptimo
	K-Means	2	27,8 %	
		9	19,0 %	
	GMM	2	27,8 % ^a	1.443
		11	-11,3 %	-6.489 ^b
	HAC	2	26,2 %	
		5	25,9 %	
		7	22,9 %	
		9	19,1 %	

Tabla 4.8: Resultados óptimos para selección de la agrupación de segundo nivel.

Fuente: Elaboración Propia.

^a Para esta agrupación el coeficiente de AIC no se movía en conjunto con el de Silhouette, por lo que este es el óptimo solo para Silhouette.

^b Para esta agrupación el coeficiente de AIC no se movía en conjunto con el de Silhouette, por lo que este es el óptimo solo para AIC.

A diferencia de la agrupación de primer nivel, en esta caso en GMM no coinciden los resultados de AIC y de Silhouette, ya que el mejor silhouette (27,8%) tiene el peor AIC (1.443) y el mejor AIC (-6.489) tiene el peor Silhouette (-11,3%), por lo que se descartan los resultados entregados por GMM.

Dado lo anterior y al ver figura 4.11 se puede observar que los resultados de GMM con 2 grupos son casi idénticos a los entregados por HAC y K-Means con 2 grupos, por lo que también se descartan, quedando las opciones de 9 grupos con K-Means y 5, 7 o 9 grupos con HAC.

Al analizar la figura 4.12, se puede ver que HAC-5 entrega poca información, ya que tiene un grupo con 62 SLEP y ocurre algo similar con HAC-7 con un grupo de 55 SLEP y HAC-9 con 40 SLEP y para K-Means-9, tenemos 9 grupos, donde se reparte un poco más a los grupos, ya que el grupo más grande tiene 29 SLEP. Si bien es cierto que tiene un menor coeficiente de Silhouette, esto se compensa con una mayor interpretabilidad, que es justamente lo que se busca.

Debido a su coeficiente de silhouette y a que posiblemente pueda entregar más información, se selecciona la agrupación generada por K-Means con 9 grupos. Dado que la base de datos utilizada para esta agrupación tenía muchas menos observaciones que la anterior y a la vez más variables, era difícil llegar a un valor de Silhouette similar.

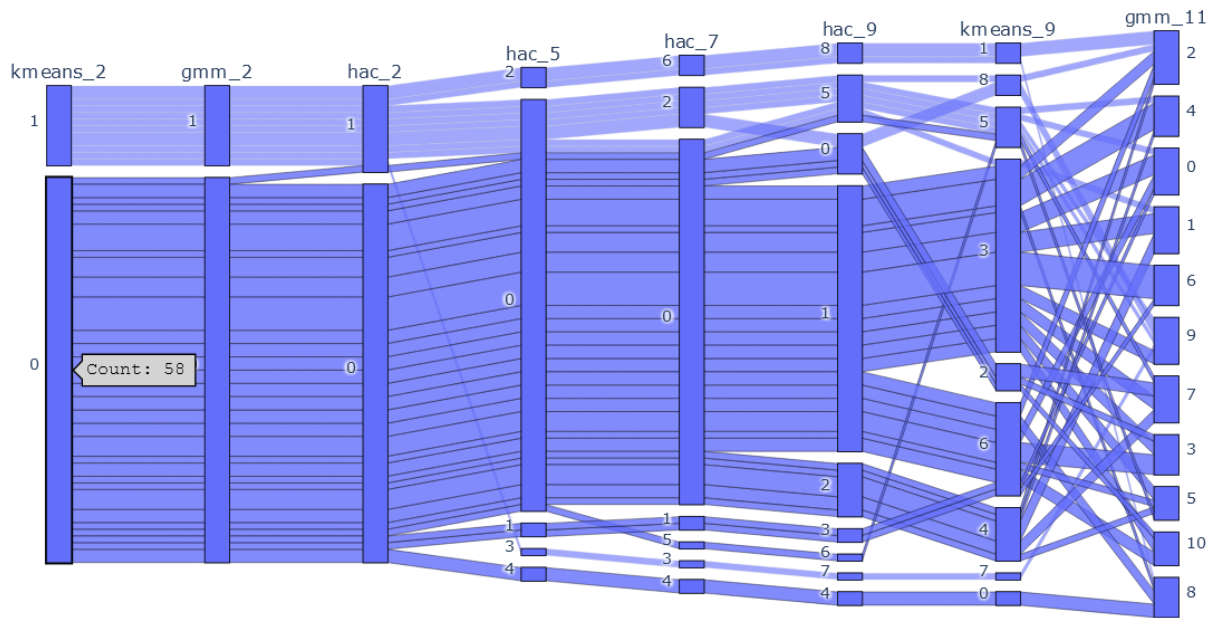


Figura 4.11: Comparación de agrupaciones óptimas 1 segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

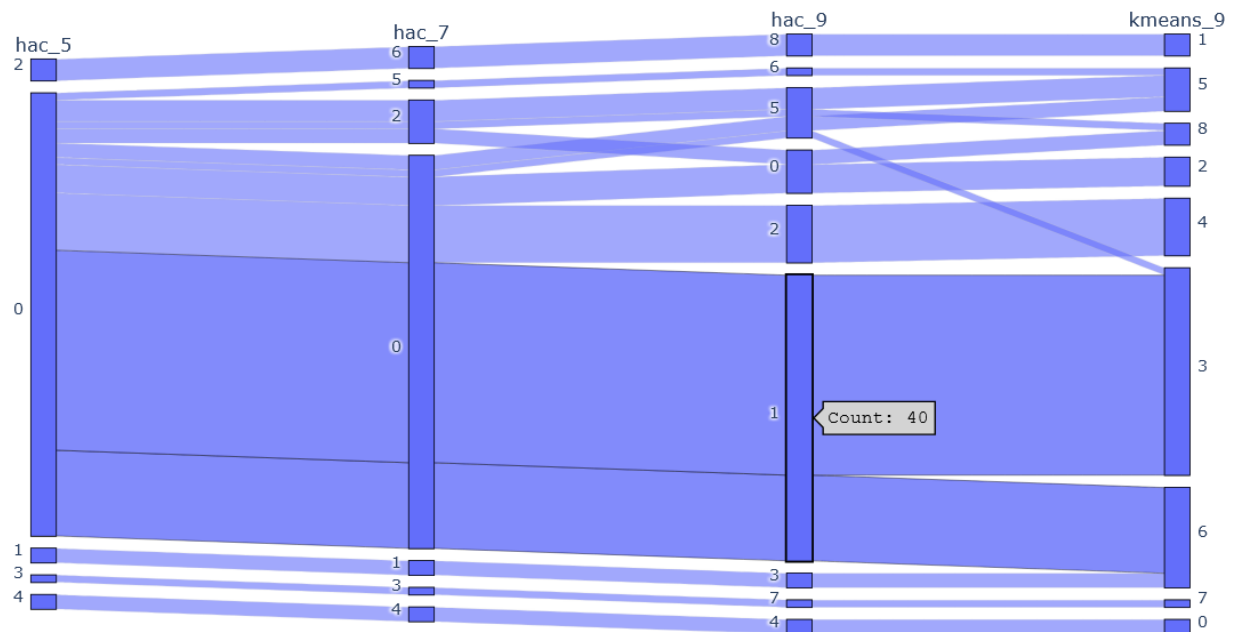


Figura 4.12: Comparación de agrupaciones óptimas 2 segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Dada la gran cantidad de variables utilizadas en la segunda agrupación, se analizará una a una, en la tabla 4.10 se pueden ver los SLEP en cada grupo. Para complementar el análisis se utilizaron los 23 gráficos presentados en anexos, uno por cada variable.

Grupo	n	Región	Servicios Locales de Educación Pública (SLEP)
0	2	Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	Aysén
		Magallanes y de la Antártica Chilena	Magallanes
1	3	Coquimbo	Limarí
		Los Lagos	Chiloé y Reloncaví
2	4	Bíobío	Puelche
		Ñuble	Costa Itata y Punilla Cordillera
		Valparaíso	Petorca
3	29	Arica y Parinacota	Chinchorro
		Atacama	Huasco
		Bíobío	Andalién Costa, Andalién Sur, Las Caletas y Valle Biobío
		Coquimbo	Choapa y Puerto Cordillera
		La Araucanía	Costa Araucanía, Malleco Cordillera y Malleco Costa
		Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro y Colchagua
		Los Lagos	Llanquihue y Osorno
		Maule	Maule Costa
		Metropolitana de Santiago	Barrancas, Gabriela Mistral, Los Libertadores, Los Parques, Mapocho y Santa Rosa
Tarapacá	Iquique y Tamarugal		
Valparaíso	Costa Central, Hanga Roa, Litoral, Marga Marga y Valparaíso		
4	8	Antofagasta	Antofagasta y Licancabur
		Atacama	Atacama
		Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal Norte
		Metropolitana de Santiago	La Quebrada, Manquehue, Santa Corina y Santiago Centro
5	6	Coquimbo	Elqui
		La Araucanía	Cautín Norte y Cautín Sur
		Los Ríos	Ranco y Valdivia
		Metropolitana de Santiago	El Pino
6	14	Bíobío	Arauco Norte, Arauco Sur y Los Copihues
		Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal Costa, Costa Colchagua y Valle Cachapoal
		Metropolitana de Santiago	Chacabuco, Los Viñedos y Maipo Sur
		Valparaíso	Aconcagua, Los Andes y Quillota
7	1	Ñuble	Valle Diguillín
8	3	Maule	Los Álamos, Los Cerezos y Maule Valle

Tabla 4.9: Nombre de las regiones y cantidad y nombres de los SLEP en cada grupo del segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

El grupo 0 está compuesto por 2 SLEP (Aysén y Magallanes), cuyos promedios son: 56 EEP, 12.384 de matrícula, 140 de dispersión, 119.721 [Km²] de superficie. Los grupos de primer nivel con mayor cantidad de EEP son: EEP-3(29), EEP-1(24) y EEP-2-16(11). Los tipos de educación que más tiene el grupo son: P-BM(N)(52), BM(N)(30) y P(19).

Este grupo se caracteriza por tener tanto la superficie como el índice de dispersión muy por sobre los valores de los demás SLEP de Chile y por tener la segunda menor matrícula promedio.

El grupo 1 está compuesto por 3 SLEP (Chiloé, Limarí y Reloncaví), cuyos promedios son: 220 EEP, 23.666 de matrícula, 71 de dispersión, 14.875 [Km²] de superficie. Los grupos de primer nivel con mayor cantidad de EEP son: EEP-6(201), EEP-3(117) y EEP-4(72). Los tipos de educación que más tiene el grupo son: BM(N)(371), P-BM(N)(181) y P(88).

Este grupo se caracteriza por la gran cantidad de EEP que tiene cada uno de sus SLEP, teniendo el mayor promedio de EEP por SLEP del País. También destaca por su alto índice de dispersión y por tener las mayores cantidades de EEP en los grupos EEP-3, EEP-4 y EEP-6, donde EEP-3 es el grupo con la gran mayoría de los EEP de ruralidad silvestre de Chile mayoritariamente de BM(N), EEP-4 agrupa a EEP de ruralidad Rural de P y BM(N) y EEP-6 a EEP de ruralidad Rural de BM(N).

Cluster	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Cantidad SLEP	2	3	4	29	8	6	14	1	3	70
Cantidad EEP Promedio	56	220	90	69	65	135	71	156	186	116
Cantidad EEP desv. est.	7	15	13	26	20	41	17		23	20
Cantidad EEP Total	112	659	358	1,990	522	809	997	156	558	6,161
Matrícula SLEP Promedio	12,384	23,666	11,373	14,489	30,956	22,508	15,781	20,560	31,325	20,338
Matrícula SLEP desv. est.	2,227	6,626	1,223	5,581	5,290	8,099	4,639		2,925	4,576
Matrícula Total	24,768	70,998	45,492	420,195	247,650	135,047	220,937	20,560	93,975	1,279,622
Dispersión Promedio	140	71	63	58	59	63	55	58	55	623
Dispersión desv. est.	7	8	9	11	14	11	9		7	9
Superficie Promedio	119,721	14,875	6,127	5,018	23,623	8,006	2,476	3,580	8,460	21,321
Superficie desv. est.	18,710	6,501	2,975	8,184	31,293	5,206	1,295		543	9,338
Superficie Total	239,442	44,626	24,510	145,516	188,982	48,037	34,662	3,580	25,381	754,736
EEP-0	1	25	53	117	8	47	232	27	117	627
EEP-1	24	62	27	569	119	141	113	15	72	1,142
EEP-4	9	72	19	98	12	55	37	7	40	349
EEP-6	6	201	68	333	9	159	70	14	70	930
EEP-14	5	20	9	98	54	45	16	2	24	273
EEP-15	1	35	57	62	1	35	47	19	48	305
EEP-2	11	60	31	378	135	169	99	22	86	991
EEP-10	-	6	4	10	2	3	56	4	3	88
EEP-13	1	6	30	45	4	27	135	15	36	299
EEP-18	3	15	4	27	3	38	13	2	6	111
EEP-5	-	1	12	5	3	1	1	2	3	28
EEP-7	5	3	2	44	13	13	22	1	5	108
EEP-8	3	6	7	33	13	25	21	4	8	120
EEP-9	-	1	-	4	2	-	-	2	2	11
EEP-11	3	7	21	39	11	15	19	15	12	142
EEP-12	-	1	-	1	1	2	2	4	-	11
EEP-3	29	117	4	59	8	11	3	-	11	242
EEP-16	11	10	1	57	122	17	22	1	12	253
EEP-17	-	11	9	11	2	6	89	-	3	131
E-BM(N)	-	1	12	5	3	1	1	2	3	28
E-BM(NyA)	-	1	-	1	1	2	2	4	-	11
E-P-BM(N)	3	7	21	39	11	15	19	15	12	142
E-P-BM(NyA)	-	1	-	4	2	-	-	2	2	11
BM(N)	30	371	138	551	101	252	151	35	158	1,787
BM(NyA)	5	3	2	44	13	13	22	1	5	108
P	19	88	70	460	144	237	303	43	131	1,495
P-BM(N)	52	181	108	853	234	264	478	50	239	2,459
P-BM(NyA)	3	6	7	33	13	25	21	4	8	120

Tabla 4.10: Resumen resultados agrupación de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

El grupo 2 está compuesto por 4 SLEP (Costa Itata, Petorca, Puelche y Punilla Cordillera), cuyos promedios son: 90 EEP, 11.373 de matrícula, 63 de dispersión, 6.127 [Km²] de superficie. Los grupos de primer nivel con mayor cantidad de EEP son: EEP-6(68), EEP-15(57) y EEP-0(53). Los tipos de educación que más tiene el grupo son: BM(N)(138), P-BM(N)(108) y P(70).

El grupo SLEP-2 se caracteriza por tener el menor promedio de matrícula por SLEP, el tercer promedio de mayor dispersión. Tiene un 41 % en ruralidad rururbana, un 26 % con ruralidad rural y un 27 % con ruralidad urbana.

El grupo 3 está compuesto por 29 SLEP (Andalién Costa, Andalién Sur, Barrancas, Cardenal Caro, Chinchorro, Choapa, Colchagua, Costa Araucanía, Costa Central, Gabriela Mistral, Hanga Roa, Huasco, Iquique, Las Caletas, Litoral, Llanquihue, Los Libertadores, Los Parques, Malleco

Cordillera, Malleco Costa, Mapocho, Marga Marga, Maule Costa, Osorno, Puerto Cordillera, Santa Rosa, Tamarugal, Valle Biobío y Valparaíso), cuyos promedios son: 69 EEP, 14.489 de matrícula, 58 de dispersión, 5.018 [Km²] de superficie. Los grupos de primer nivel con mayor cantidad de EEP son: EEP-1(569), EEP-2(378) y EEP-6(333). Los tipos de educación que más tiene el grupo son: P-BM(N)(853), BM(N)(551) y P(460).

El SLEP-3 es el grupo con mayor cantidad de SLEP y en promedio, tiene una dispersión, superficie, matrícula y cantidad de EEP bajos, tiene un 61 % de sus EEP en ruralidad urbana, un 23 % con ruralidad rural y un 12 % con ruralidad rururbana.

El grupo 4 está compuesto por 8 SLEP (Antofagasta, Atacama, Cachapoal Norte, La Quebrada, Licancabur, Manquehue, Santa Corina y Santiago Centro), cuyos promedios son: 65 EEP, 30.956 de matrícula, 59 de dispersión, 23.623 [Km²] de superficie. Los grupos de primer nivel con mayor cantidad de EEP son: EEP-2(135), EEP-16(122) y EEP-1(119). Los tipos de educación que más tiene el grupo son: P-BM(N)(234), P(144) y BM(N)(101).

Este grupo se caracteriza por tener a 6 de sus 8 SLEP dentro de los 10 SLEP con mayor matrícula de Chile, incluyendo al primero (Antofagasta) y casi la mitad de sus SLEP representan a los territorios más grandes, luego del grupo SLEP-0.

Sus EEP se concentran en los grupos EEP-1, EEP-2, EEP-14 y EEP-16, los que son casi 100% urbanos, donde 7 de sus SLEP se destacan por ser los que tienen más EEP en el grupo EEP-16. Entre los 8 SLEP cuentan con 122 EEP en el EEP-16, 135 en el EEP-2, 119 en el EEP-1 y 54 en el EEP-14, que son los 4 grupos con un menor promedio de IVE, por lo que una de sus principales características es tener, en promedio, un bajo índice de vulnerabilidad escolar, en comparación a promedios de los demás SLEP.

El grupo 5 está compuesto por 6 SLEP (Cautín Norte, Cautín Sur, El Pino, Elqui, Ranco y Valdivia), cuyos promedios son: 135 EEP, 22.508 de matrícula, 63 de dispersión, 8.006 [Km²] de superficie. Los grupos de primer nivel con mayor cantidad de EEP son: EEP-2(169), EEP-6(159) y EEP-1(141). Los tipos de educación que más tiene el grupo son: P-BM(N)(264), BM(N)(252) y P(237).

El SLEP El Pino es el único de la región metropolitana que no está en los grupos SLEP-3, SLEP-4 o SLEP-6, donde están los otros 15 SLEP de la región. Al analizarlo más en profundidad, se observa que si bien tiene menor superficie y dispersión que los demás SLEP del grupo, este es el SLEP de la RM con mayor cantidad de estudiantes (34.610) (el segundo a nivel nacional) y a la vez con mayor cantidad de establecimientos (104) de la región.

Este grupo se caracteriza por tener SLEP con una gran cantidad de EEP, al comparar los promedios con los demás grupos, está en la cuarta posición. Tiene una dispersión intermedia, gran parte de sus EEP (507 de 809) están en los grupos EEP-1, EEP-2, EEP-6 y EEP-18 donde los grupos EEP-1 (P y BM(N)) y EEP-2 (P) tienen ruralidad urbanos y los grupos EEP-6 (BM(N)) y EEP-18 (P) de ruralidad rural, de estos 4 grupos, El Pino solo se encuentra en los grupos EEP-1 y EEP-2, con un 69% de sus EEP.

El grupo 6 está compuesto por 14 SLEP (Aconcagua, Arauco Norte, Arauco Sur, Cachapoal

Costa, Chacabuco, Costa Colchagua, Los Andes, Los Copihues, Los Viñedos, Maipo Sur, Melipilla, Quillota, Talagante y Valle Cachapoal), cuyos promedios son: 71 EEP, 15.781 de matrícula, 55 de dispersión, 2.476 [Km²] de superficie. Los grupos de primer nivel con mayor cantidad de EEP son: EEP-0(232), EEP-13(135) y EEP-1(113). Los tipos de educación que más tiene el grupo son: P-BM(N)(478), P(303) y BM(N)(151).

El grupo SLEP-6 es el segundo grupo con más SLEP, cuenta con los promedios más bajos en dispersión y superficie. Hay un 44 % de los EEP del grupo con ruralidad rururbana, un 28 % con ruralidad urbana, un 16 % con ruralidad periurbana y un 12 % con ruralidad rural.

El grupo 7 está compuesto por 1 SLEP (Valle Diguillín), cuyos promedios son: 156 EEP, 20.560 de matrícula, 58 de dispersión, 3.580 [Km²] de superficie. Los grupos de primer nivel con mayor cantidad de EEP son: EEP-0(27), EEP-2(22) y EEP-15(19). Los tipos de educación que más tiene el grupo son: P-BM(N)(50), P(43) y BM(N)(35).

El grupo SLEP-7 es el más pequeño, ya que contiene solo al SLEP de Valle Diguillín, de la región de Ñuble, este se caracteriza por tener 17 de los 19 tipos de EEP de la caracterización de EEP

Una de las características que más destaca del SLEP Valle Diguillín por sobre los demás es la alta cantidad de EEP que imparten educación especial y/o de adultos, ya que tiene 28 EEP que lo imparten, muy por sobre los 10 por SLEP que tienen otros grupos y los EEP de educación especial y/o adultos es de 18 %, el más cercano sería el grupo SLEP-2, con un 12 %.

El grupo 8 está compuesto por 3 SLEP (Los Álamos, Los Cerezos y Maule Valle), cuyos promedios son: 186 EEP, 31.325 de matrícula, 55 de dispersión, 8.460 [Km²] de superficie. Los grupos de primer nivel con mayor cantidad de EEP son: EEP-0(117), EEP-2(86) y EEP-1(72). Los tipos de educación que más tiene el grupo son: P-BM(N)(239), BM(N)(158) y P(131).

Este grupo se caracteriza por la gran cantidad de EEP en los grupos EEP-0 y EEP-15, ambos con un 100 % de ruralidad rururbana y además por tener un 61 % de todos sus EEP con una ruralidad rururbana, rural o silvestre y que pese a esto, es de los grupos con un promedio más bajo de dispersión.

4.2.3. Variables ponderadas por matrícula a nivel SLEP

4.2.3.1. Índice de Vulnerabilidad Escolar ponderado por SLEP

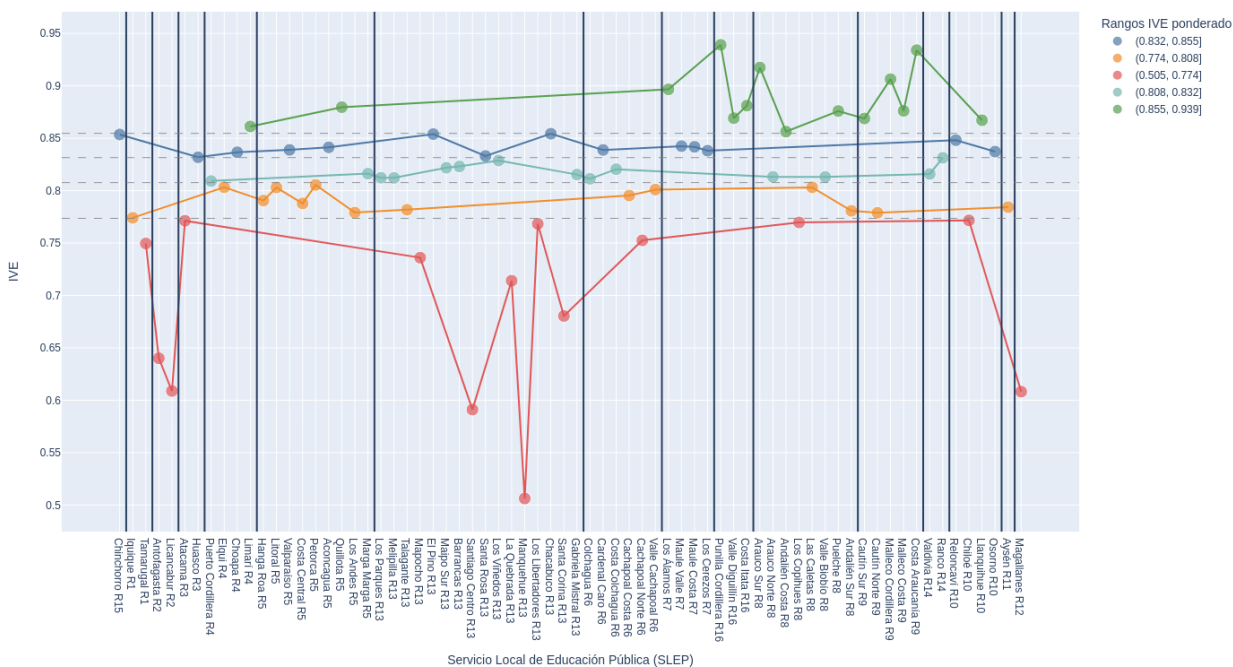


Figura 4.13: IVE ponderado por matrícula por SLEP para todo Chile, separado por quintiles. Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar el IVE ponderado por matrícula de cada SLEP de la figura 4.13, se pueden identificar algunos grupos, las regiones con mayor proporción de SLEP en el primer rango, es decir con menor vulnerabilidad son Antofagasta y Magallanes, con un 100 %, seguidas por Tarapacá con 50 % en el primer rango y 50 % en el segundo, luego Aysén, con un 100 % en el segundo rango.

La región Metropolitana y de O'Higgins están divididas entre los 4 primeros rangos y la región de los Ríos, tiene a todos sus SLEP en el tercer rango. Las regiones de Atacama, Biobío, La Araucanía y Los Lagos tienen un IVE ponderado disperso, ya que no se concentra en uno u otro extremo de los rangos.

Las regiones de Coquimbo y Valparaíso están divididas entre el segundo y el quinto rango de vulnerabilidad, luego, en el cuarto rango, se encuentra la región de Arica y Parícuta, con un 100 %, ya que esta región es un SLEP.

La región del maule concentra un 75 % de sus SLEP en el cuarto rango y un 25 % en el quinto rango y finalmente la región de Ñuble concentra la totalidad de sus SLEP en el quinto rango de vulnerabilidad.

4.2.3.2. Superficie por SLEP

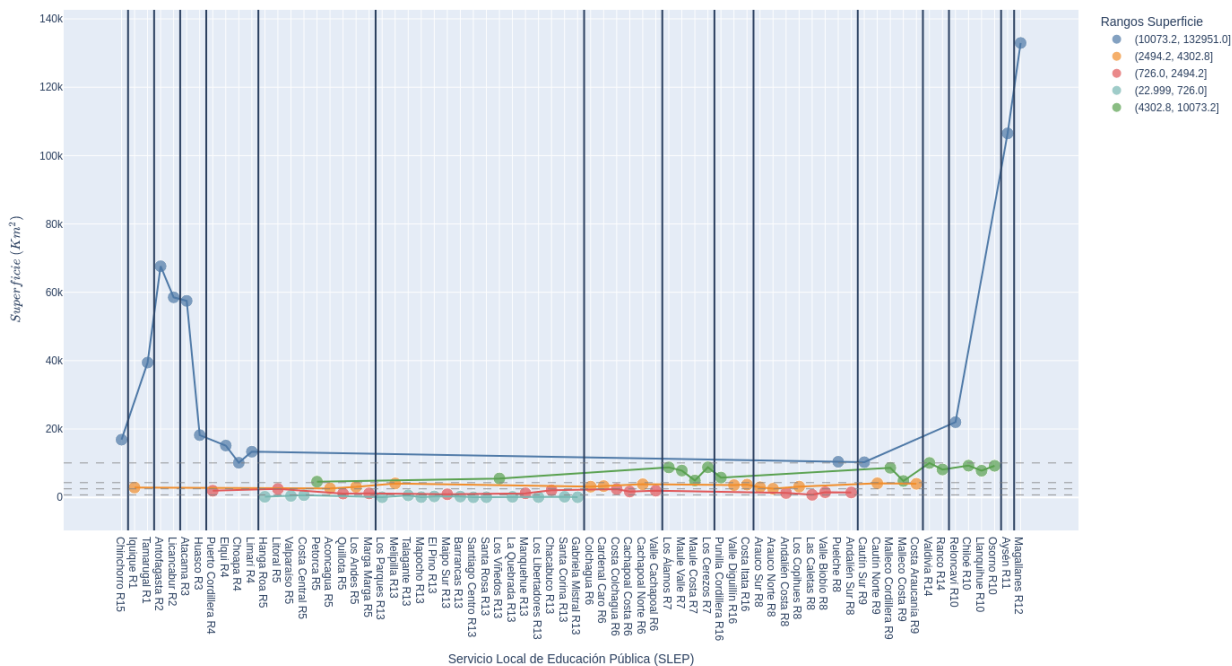


Figura 4.14: Superficie por SLEP para todo Chile, separado por quintiles. Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar la superficie total de cada SLEP de la figura 4.14, se puede ver que las regiones que tienen a los SLEP de menor superficie son justamente las regiones que se encuentran subdivididas en una mayor cantidad de SLEP, que son las regiones de Valparaíso y Metropolitana, las que a su vez reparten las superficies de sus SLEP entre los 4 primeros rangos de superficie.

Las regiones de O’Higgins y Biobío tienen gran parte de sus SLEP en el segundo y tercer rango, con un 50 y 50% en el caso de O’Higgins y un 50 y 37,5% en el caso de Biobío, el resto del Biobío se encuentra en el quinto rango.

Ñuble, Tarapacá y La Araucanía cuentan con un alto porcentaje en el tercer rango de superficie, con un 66,7, 50 y 40%, respectivamente. En el cuarto rango, destaca el Maule y Los Ríos con un 100% de sus SLEP, seguidos por las regiones de Los Lagos, La Araucanía y Ñuble con un 75, 40 y 33,3%, respectivamente.

En el quinto rango, tenemos a los 3 SLEP que abarcan una región (Aysén, Magallanes y Arica y Parinacota) y a las regiones de Antofagasta y Atacama, donde las 5 regiones tienen un 100% en el quinto rango de superficie. Seguidos por la región de Coquimbo y Tarapacá, con un 75 y un 50% de sus SLEP en este rango, respectivamente.

Conclusiones

En esta tesis, se realizó un análisis principalmente con variables territoriales de todos los EEP de Chile. Para poder realizar la caracterización de todos los EEP del país, sin tener que eliminar a los que tenían menos variables disponibles, se tuvo que utilizar pocas variables, en un caso imputar y también crear una variable para representar la dispersión de todos los EEP en cada uno de los territorios, por lo que solo se utilizaron algunas de las variables principalmente cuantitativas de los EEP y de los SLEP, dejando fuera aspectos importantes, como la calidad docente, la infraestructura, las diversas medidas de desempeño escolar, los niveles socioeconómicos, entre muchos otros.

Si bien existen más tipos de agrupamientos, se limitó el alcance de la investigación a 3 debido a que no se cuenta con el financiamiento ni el tiempo para extender el estudio a todos los tipos de agrupamiento. La primera agrupación se hizo con los 6.161 EEP y con 16 variables, con esto se obtuvo un coeficiente de silhouette óptimo de 65 % y 19 grupos de EEP, el algoritmo de K-Means los agrupó principalmente por su índice de ruralidad y por el tipo de educación que impartían los EEP.

Luego, en el segundo nivel, se agregaron más variables territoriales, como la superficie y el nuevo índice de dispersión por SLEP, en total se utilizaron 70 SLEP y 23 variables, por lo que el coeficiente de silhouette óptimo fue de 19 % con 9 grupos de SLEP. Este coeficiente de silhouette es mucho más bajo que el anterior y esto se puede explicar por la menor cantidad de observaciones utilizadas (cantidad de SLEP y cantidad de EEP en el primer nivel), la mayor cantidad de variables y principalmente por la gran diversidad territorial existente tanto dentro de cada SLEP como entre ellos.

Partiendo por el bajo coeficiente de silhouette, se pudo observar que existía una gran heterogeneidad entre los SLEP y al analizar los grupos, mediante una tabla (tabla 4.10) similar a la primera agrupación, fue muy difícil identificar los criterios que había utilizado K-Means, y recién al hacer un análisis variable por variable, se comenzó a notar qué variables destacaban en ciertos grupos. En este último análisis, se podía visualizar la gran disimilitud de los territorios entre cada grupo, ya que todos los SLEP tienen diversas ruralidades, superficies e índices de dispersión.

La gran diversidad territorial existente, se puede ver reflejada en la dispersión previamente calculada para cada SLEP, donde cada uno presenta distintas complejidades, por ejemplo, para viajar desde el centro del SLEP a cada EEP ya sea por una visita o el despacho de una compra, hay condiciones muy distintas: la distancia, el tiempo de viaje, el medio de transporte y la frecuencia.

En el caso de los SLEP con dispersión baja, el traslado de una visita, reunión o despacho podría ser realizado en cualquier medio de transporte público o privado y en un tiempo menor a una

hora, por ejemplo, en el SLEP de Santiago Centro, al ser el de menor superficie, con todos sus EEP urbanos y con mejor conectividad, se podría utilizar un auto particular, taxi, micro, metro, bicicleta, *scooter* e incluso en algunos casos a pie para estos fines, permitiendo a un equipo realizar dos o mas visitas por día.

Para los SLEP de dispersión media, comienza a complejizarse el traslado, ya que se necesita recorrer mayores distancias y a su vez hay menos opciones de transporte disponibles, lo que se traduce en un mayor tiempo en la movilización, comparado a los SLEP de dispersión baja. Por ejemplo, el SLEP Valle Diguillin en la región de Ñuble, aquí se comienzan a reducir los medios de transporte posibles, se puede requerir mas de un medio de transporte, aumentan los tiempos de viaje, aumenta la superficie del SLEP y podría haber restricciones de los medios de transporte para llegar a los EEP Rurales, permitiendo realizar menos visitas por día que los SLEP con dispersión baja.

En el caso de los SLEP de dispersión alta, se dificulta aún más el traslado, teniendo mas restricciones de transporte, requiriendo en más casos de un vehículo particular y buscar estrategias para optimizar las visitas, por ejemplo, pernoctando en los lugares mas lejanos. Además de aumentar las distancias, tiempos y disminuir los medios de transporte posibles y contar con EEP con ruralidad Rural, comienzan a aparecer los EEP con ruralidad Silvestre. Por ejemplo, se tiene el caso del SLEP Limarí, el que cuenta con mas de 200 EEP pero gran parte de estos son Rururbanos, Rurales y Silvestres, por lo que probablemente lo más óptimo sea contar con un vehículo particular e incluso podría ser necesario uno 4x4.

En resumen, para realizar una asignación presupuestaria justa que considere las condiciones territoriales base de cada uno de los SLEP de Chile, se debe asignar presupuesto a los SLEP basado en la dispersión ya calculada, otorgando un mayor monto a los SLEP con una mayor dispersión, según los medios de transporte necesarios para visitar a todos los EEP.

La pregunta que surge para investigaciones futuras es si se está asignando el presupuesto necesario a cada SLEP para tener un mismo nivel mínimo de operación desplegándose en todo su territorio o si se está asignando los mismos montos a los SLEP y estos están teniendo que ver cuánto pueden lograr con lo que se asigna.

Bibliografía

- Bellei, C., Muñoz, G., Rubio, X., Alcaíno, M., Donoso, M. P., Martínez, J., . . . Díaz, R. (2018). *Nueva Educación Pública: contexto, contenidos y perspectivas de la desmunicipalización*.
- Centro Políticas Públicas UC. (2021). *Estudio de planificación de la segunda etapa de implementación de la Ley N° 21.040. Nuevo Sistema de Educación Pública*.
- Decreto 162. (2022). *Ministerio de Educación*.
- Decreto 68. (2021). *Ministerio de Educación*.
- González, P., y Fernández-Vergara, A. (2019). Análisis de la eficiencia técnica escolar en Chile de los establecimientos financiados por el Estado, incorporando sus recursos financieros. *Propuesta educativa*, 28(52), 79–96.
- Hastie, T., Tibshirani, R., James, G., y Witten, D. (2021). An introduction to statistical learning (2nd ed.). *Springer texts*, 102, 618. doi: 10.1007/978-1-0716-1418-1
- Ley 21.040. (2017). *Ministerio de Educación*.
- Ley 21.544. (2023). *Ministerio de Educación*.
- Pedregosa, F., Michel, V., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., . . . Duchesnay, (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12(85), 2825–2830.
- Rodríguez, P. (2015). *La Geografía de la Educación: Una Plataforma de Inteligencia Territorial para apoyar la Implementación y Gestion de Nuevas Politicas Publicas en Educación*.
- Valenzuela, J. P., y Allende, C. (2014). Trayectorias de mejoramiento en el Sistema Escolar Chileno: las escuelas de educación básica 2002 – 2010. *Apuntes de Mejoramiento Escolar n° 1*.
- Xu, D., y Tian, Y. (2015, 8). A Comprehensive Survey of Clustering Algorithms. *Annals of Data Science* 2015 2:2, 2(2), 165–193. doi: 10.1007/S40745-015-0040-1

Anexo

A continuación se muestran las 23 figuras utilizadas para complementar el análisis de los nueve grupos obtenidos en el segundo nivel de agrupamiento, una para cada variable agrupada.

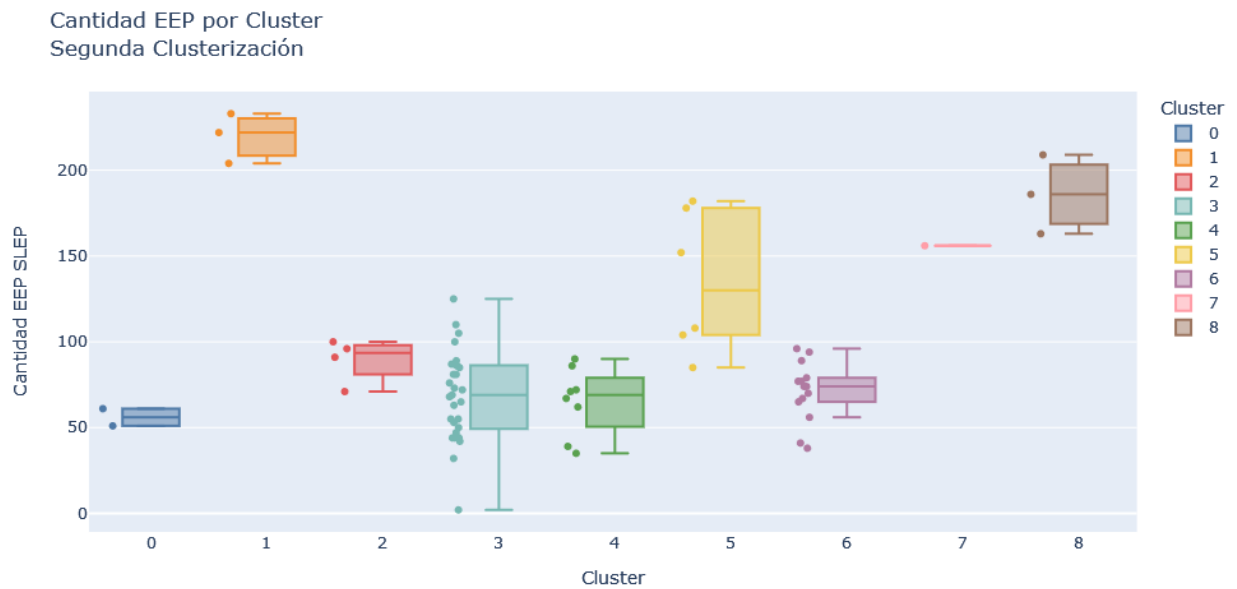


Figura 6.1: Cantidad de EEP de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Matrícula Total por Cluster
Segunda Clusterización

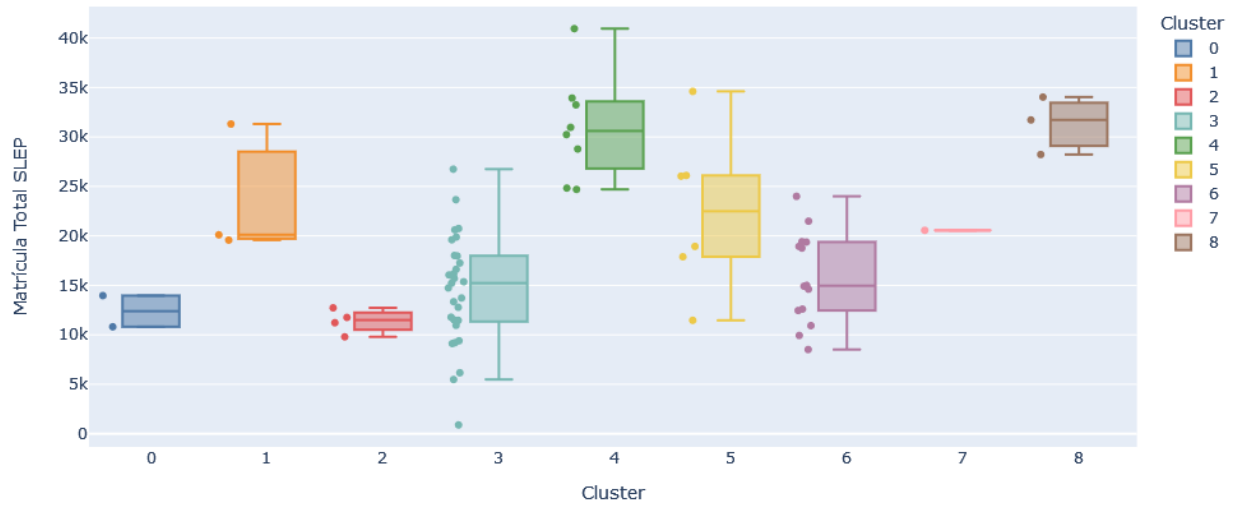


Figura 6.2: Matrícula de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Dispersión Territorial por Cluster
Segunda Clusterización

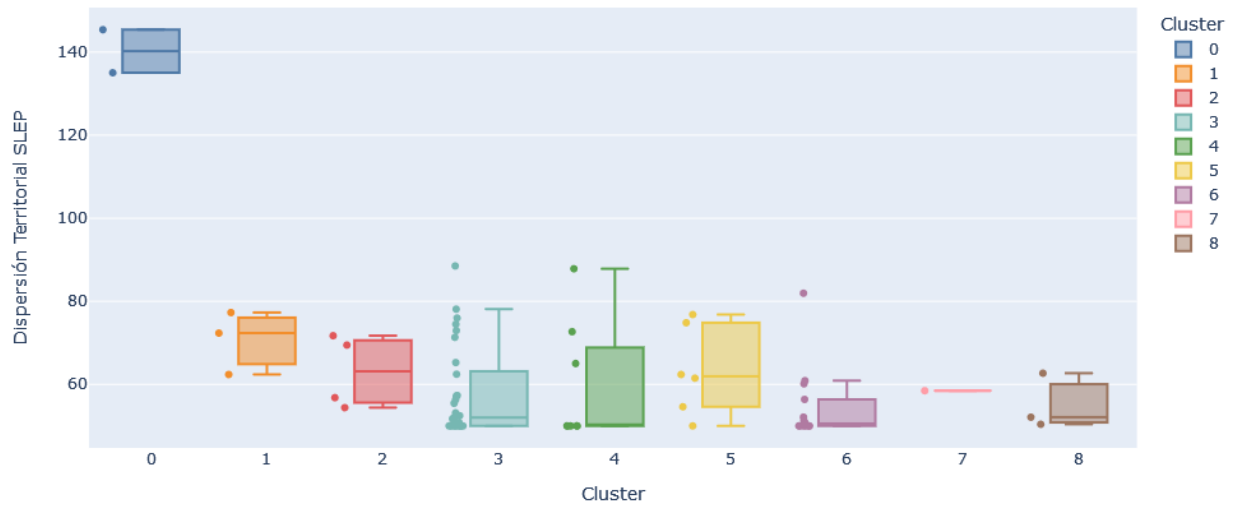


Figura 6.3: Dispersión de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

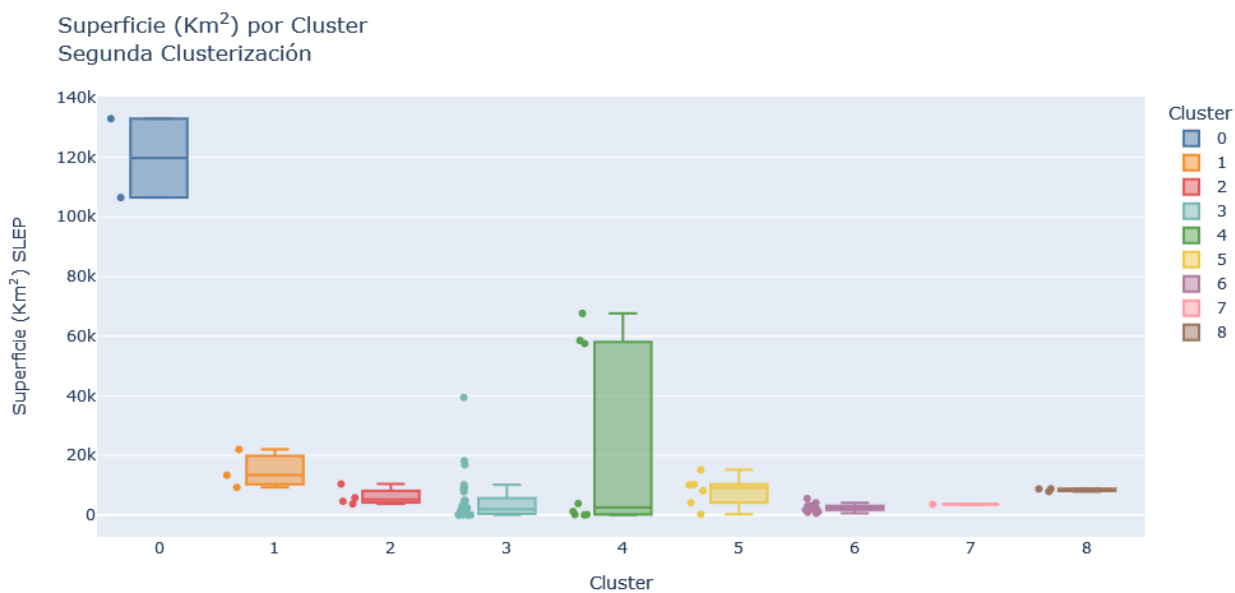


Figura 6.4: Superficie de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

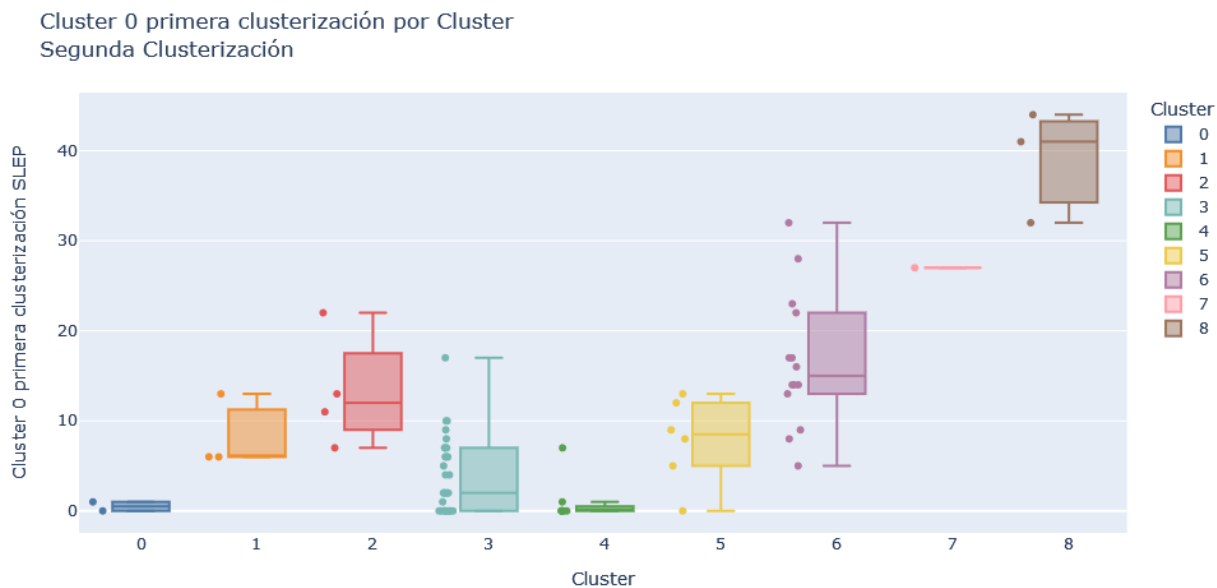


Figura 6.5: EEP-0 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 1 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

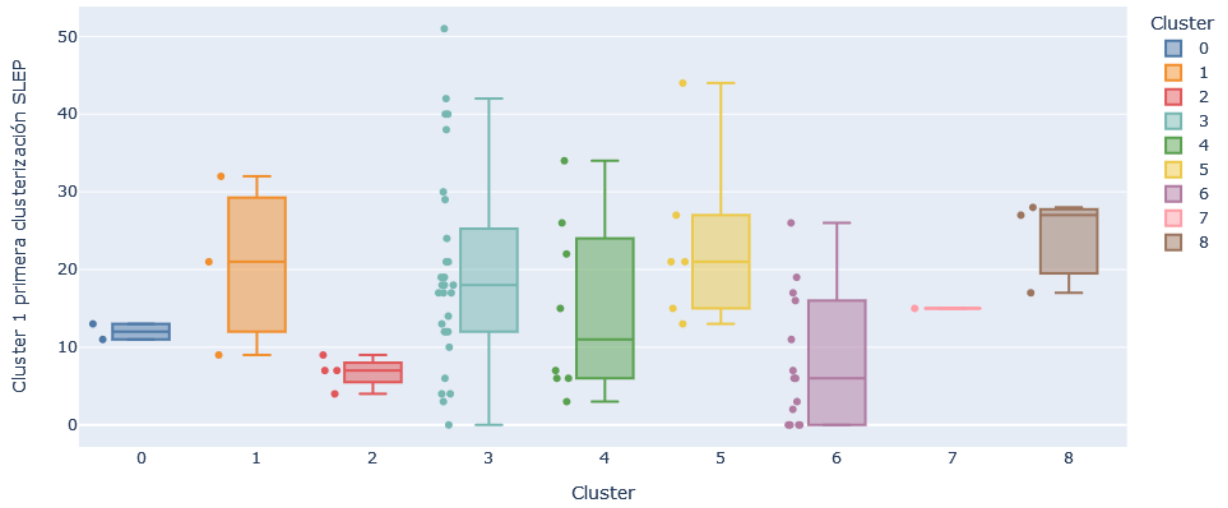


Figura 6.6: EEP-1 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 2 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

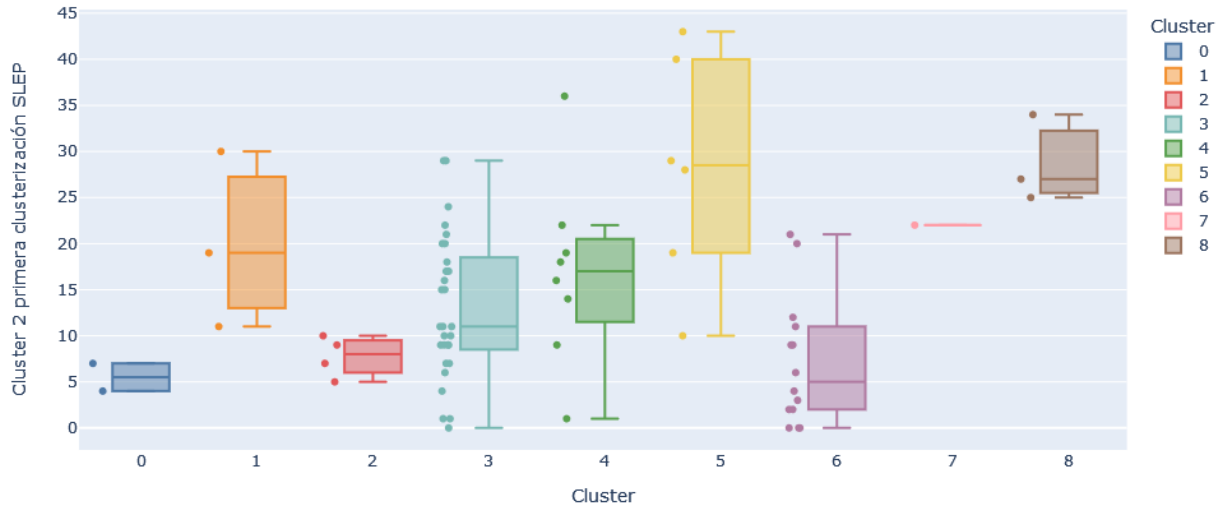


Figura 6.7: EEP-2 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 3 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

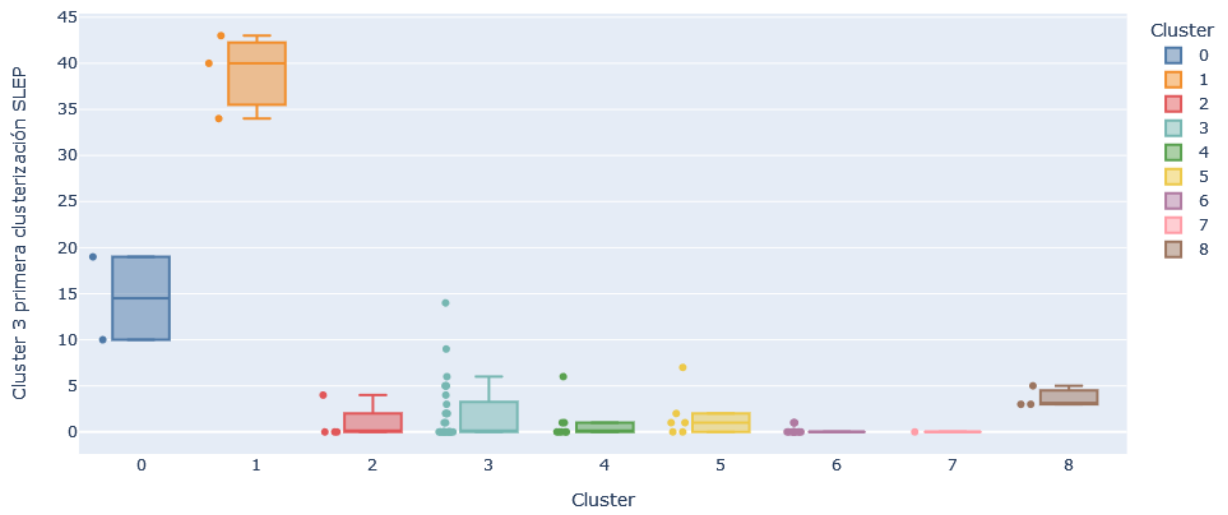


Figura 6.8: EEP-3 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 4 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

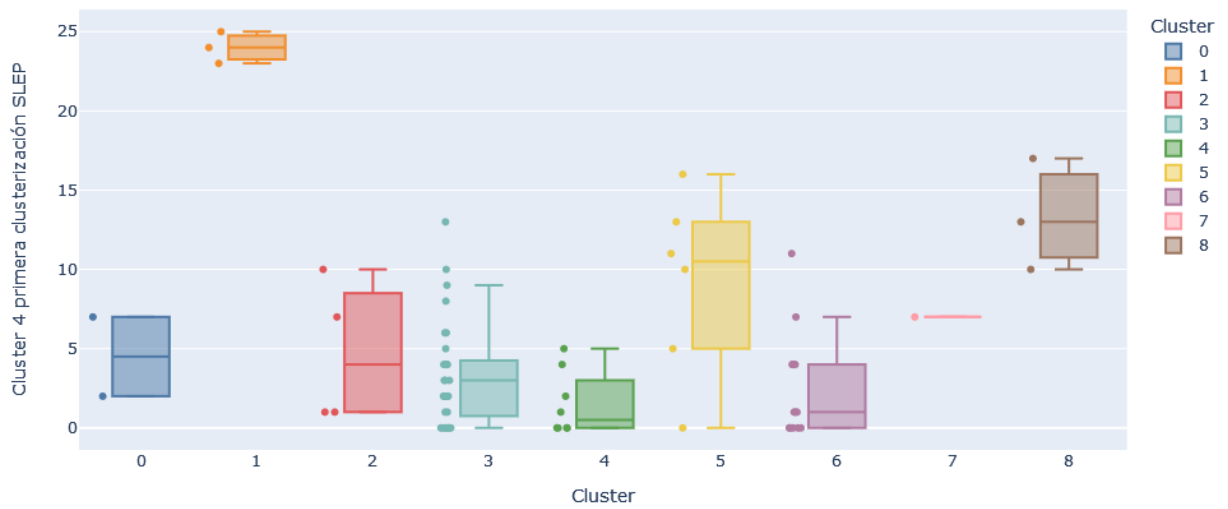


Figura 6.9: EEP-4 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 5 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

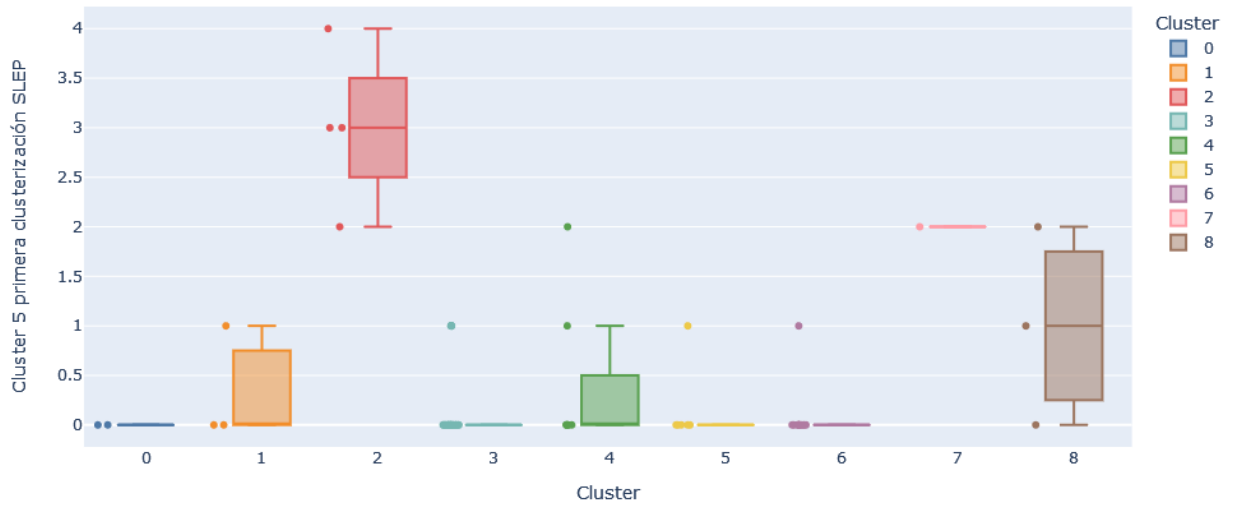


Figura 6.10: EEP-5 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 6 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

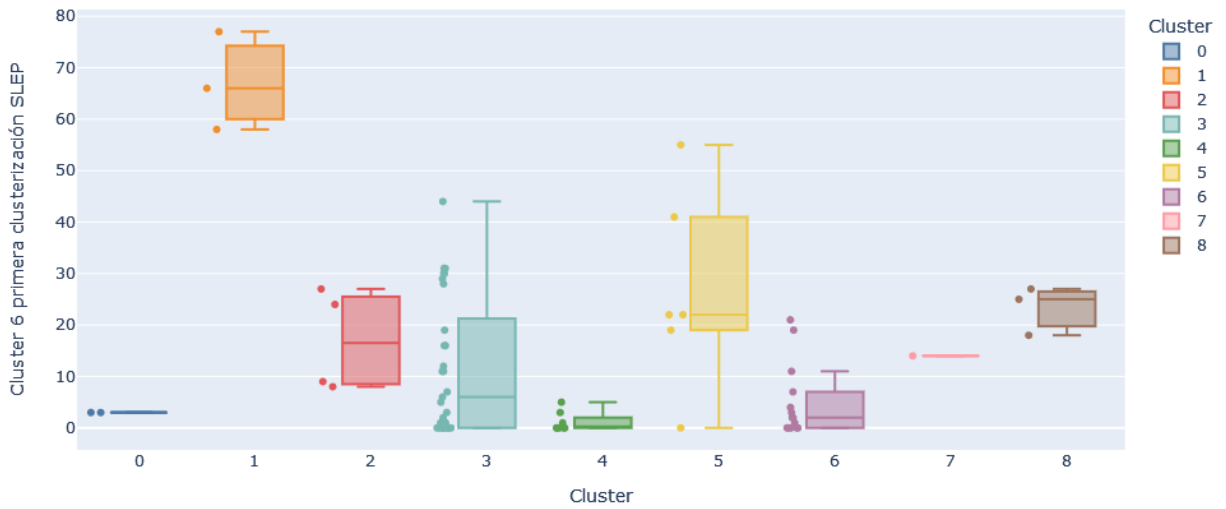


Figura 6.11: EEP-6 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 7 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

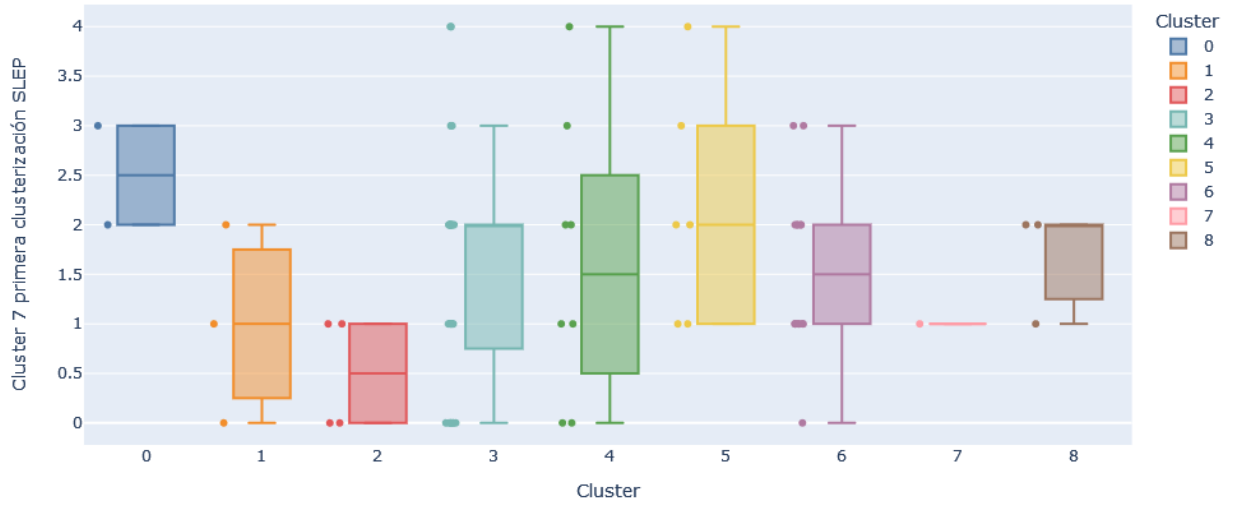


Figura 6.12: EEP-7 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 8 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

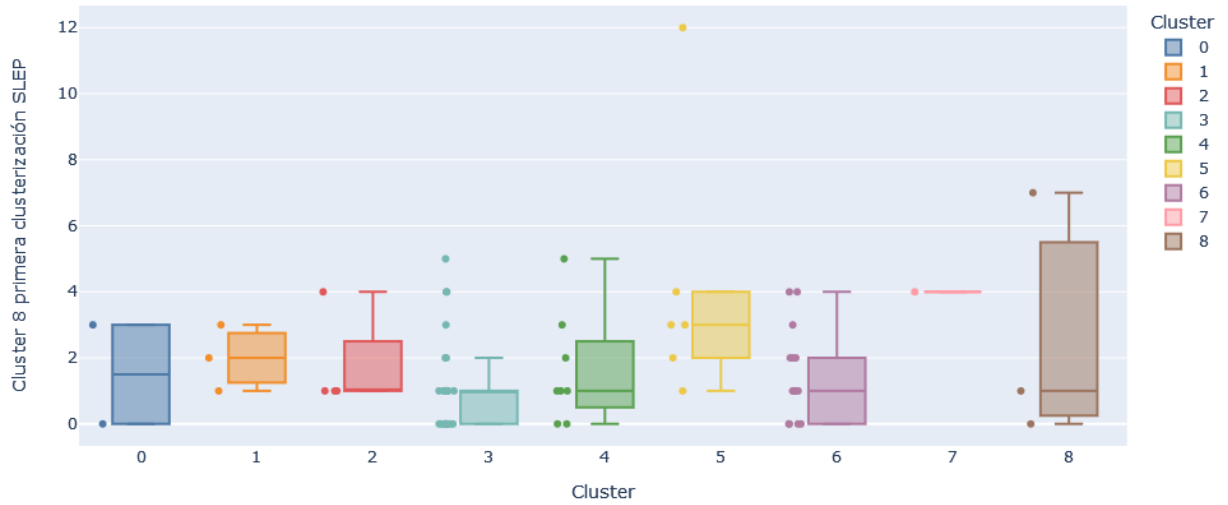


Figura 6.13: EEP-8 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 9 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

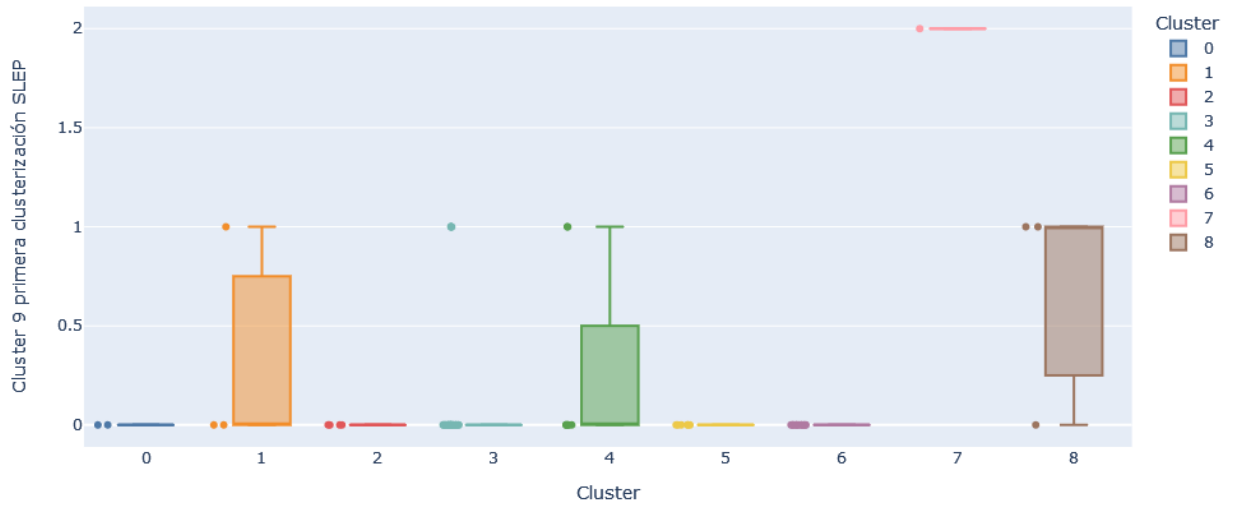


Figura 6.14: EEP-9 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 10 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

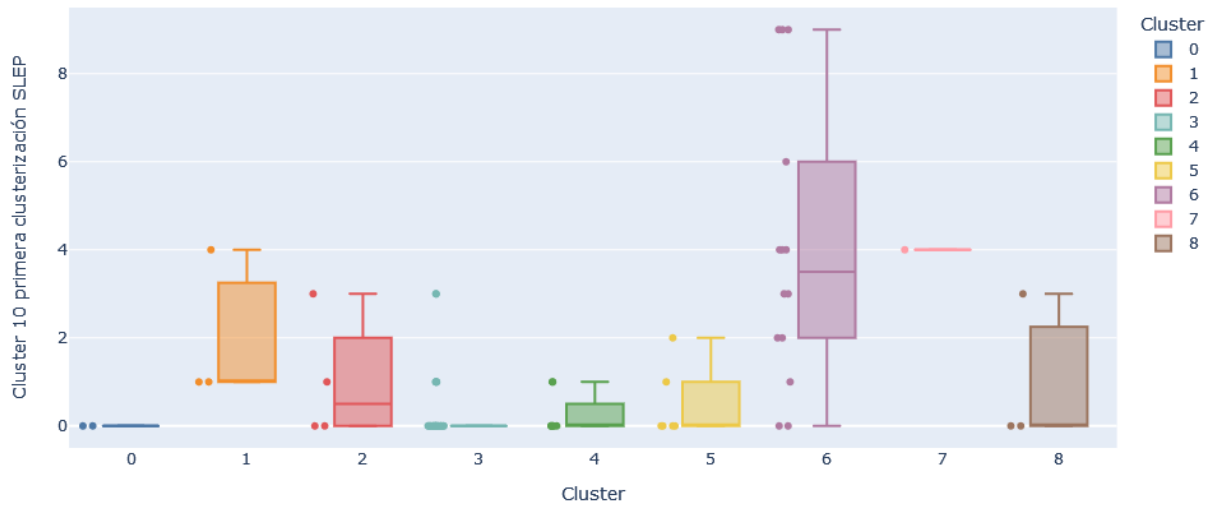


Figura 6.15: EEP-10 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 11 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

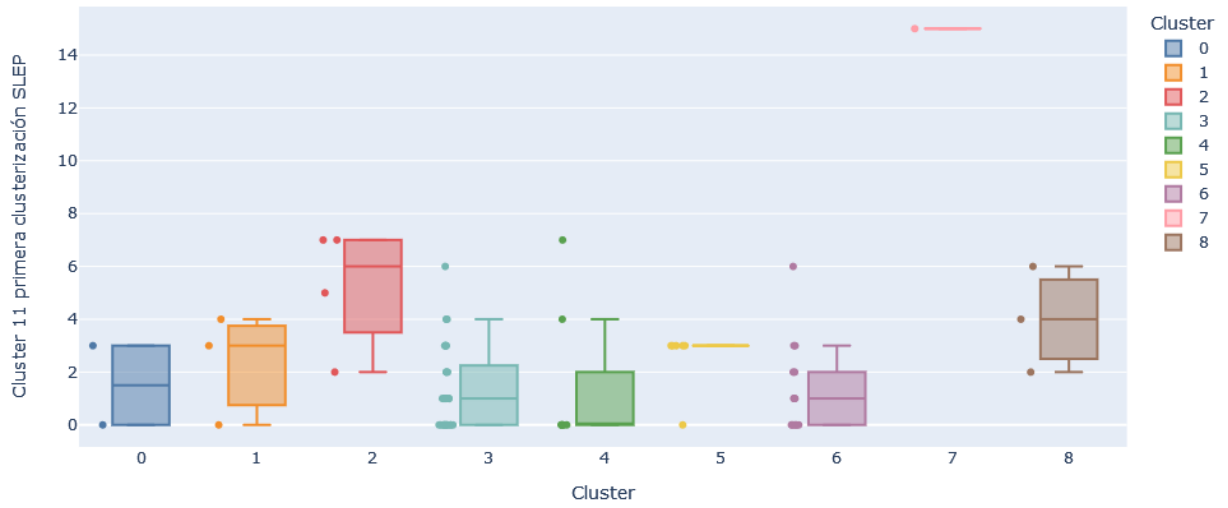


Figura 6.16: EEP-11 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 12 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

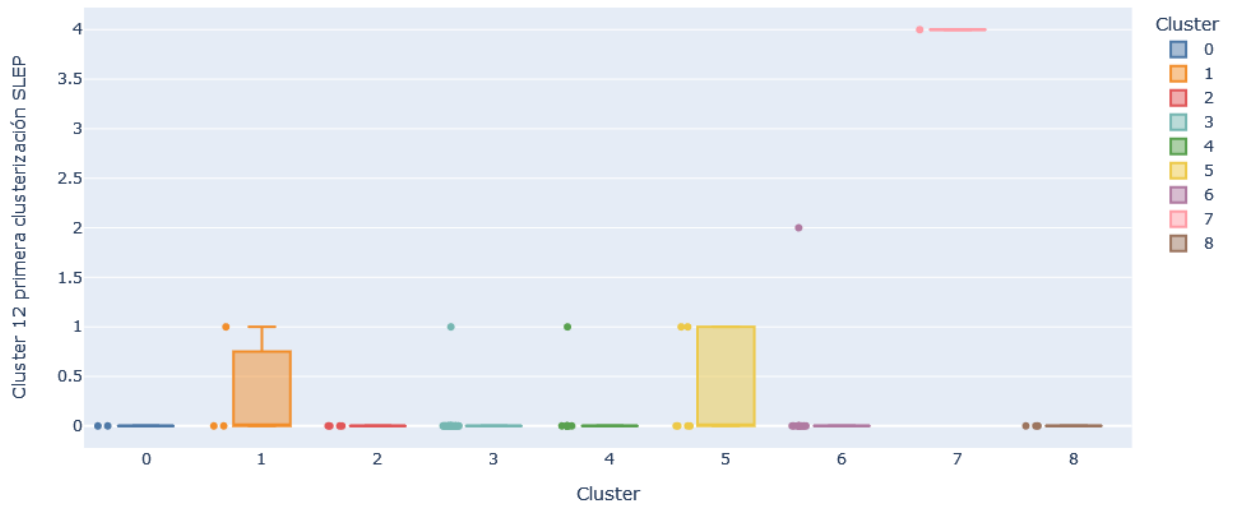


Figura 6.17: EEP-12 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 13 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

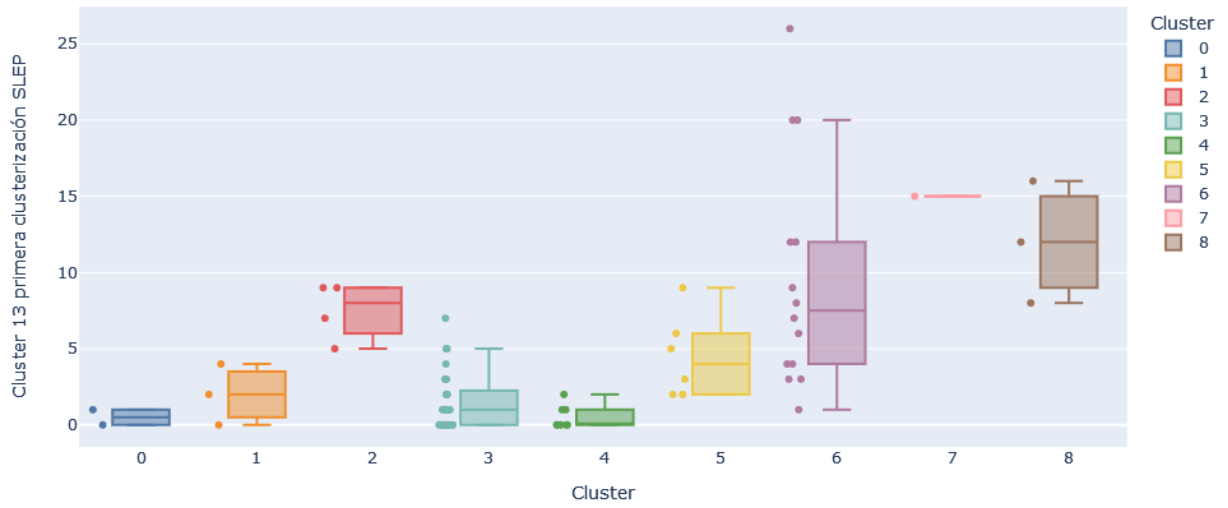


Figura 6.18: EEP-13 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 14 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

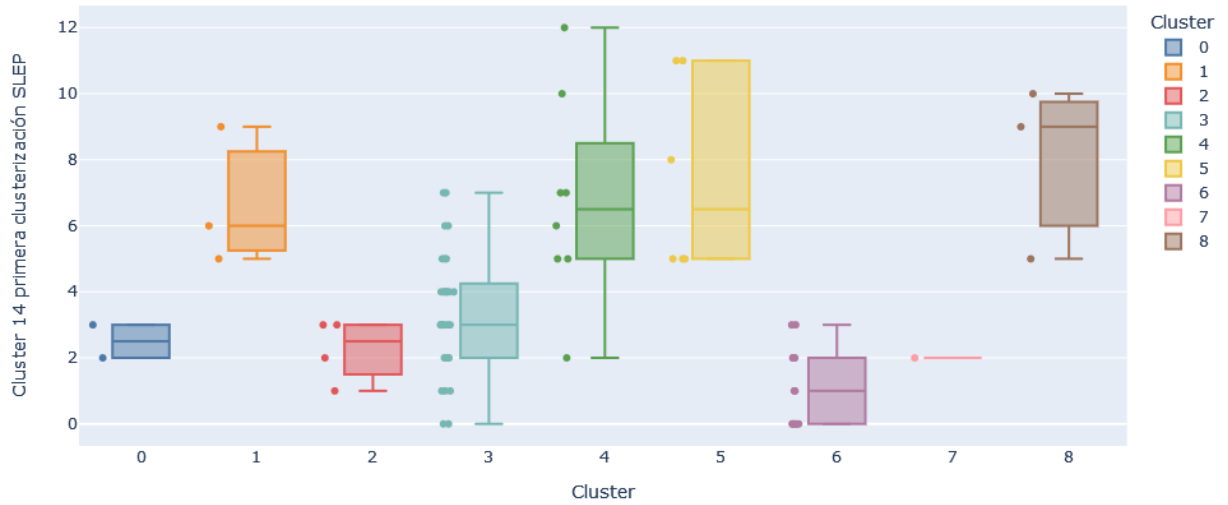


Figura 6.19: EEP-14 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 15 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

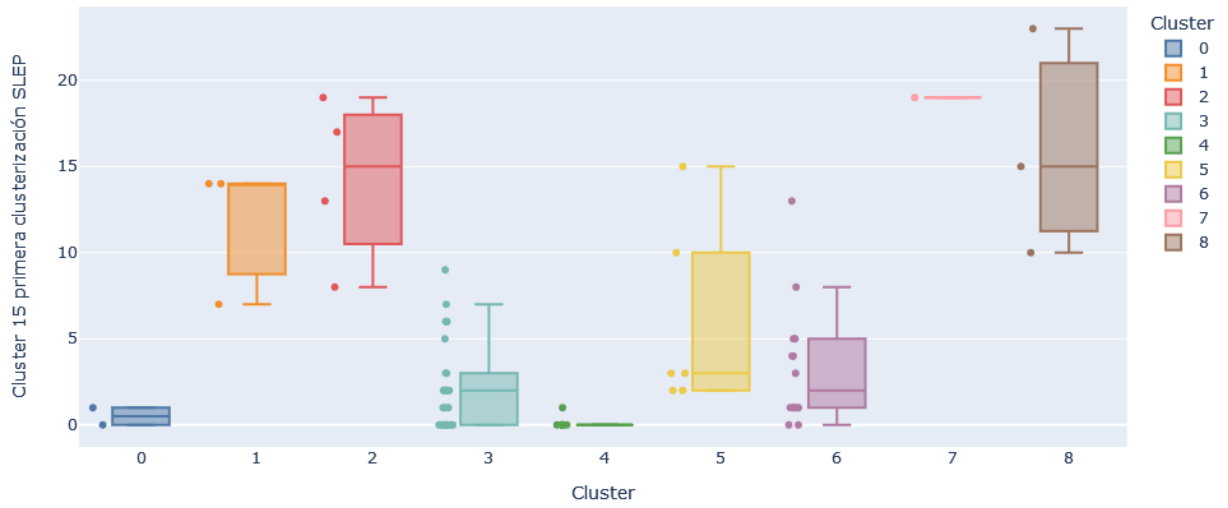


Figura 6.20: EEP-15 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 16 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

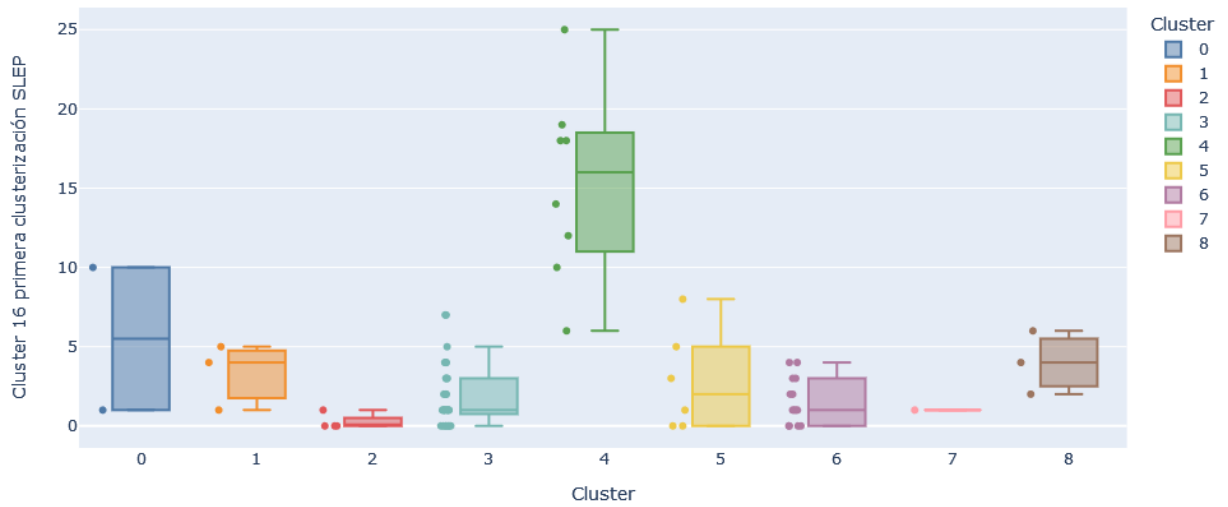


Figura 6.21: EEP-16 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 17 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

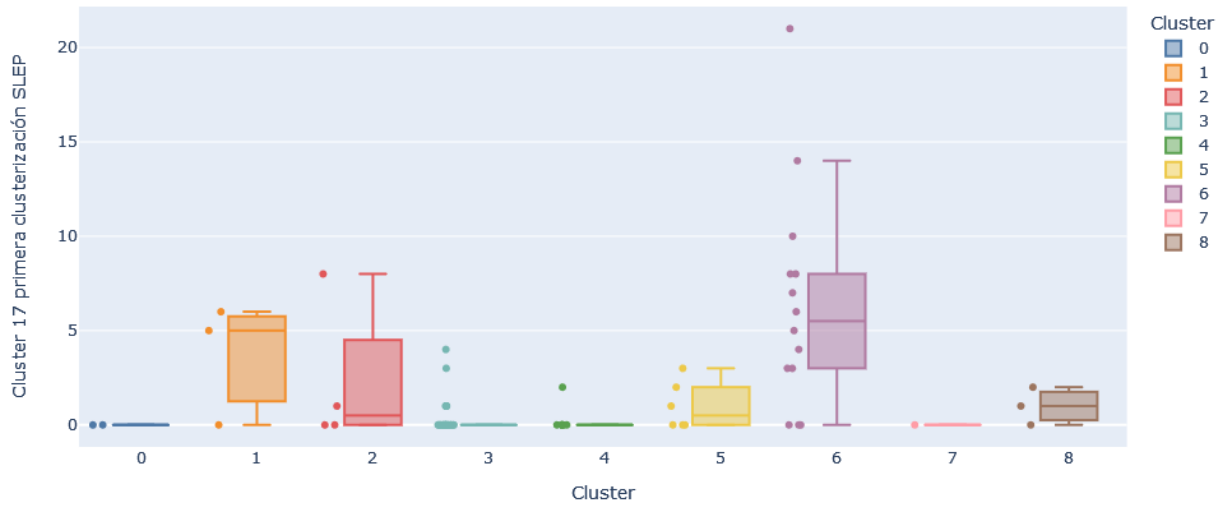


Figura 6.22: EEP-17 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.

Cluster 18 primera clusterización por Cluster
Segunda Clusterización

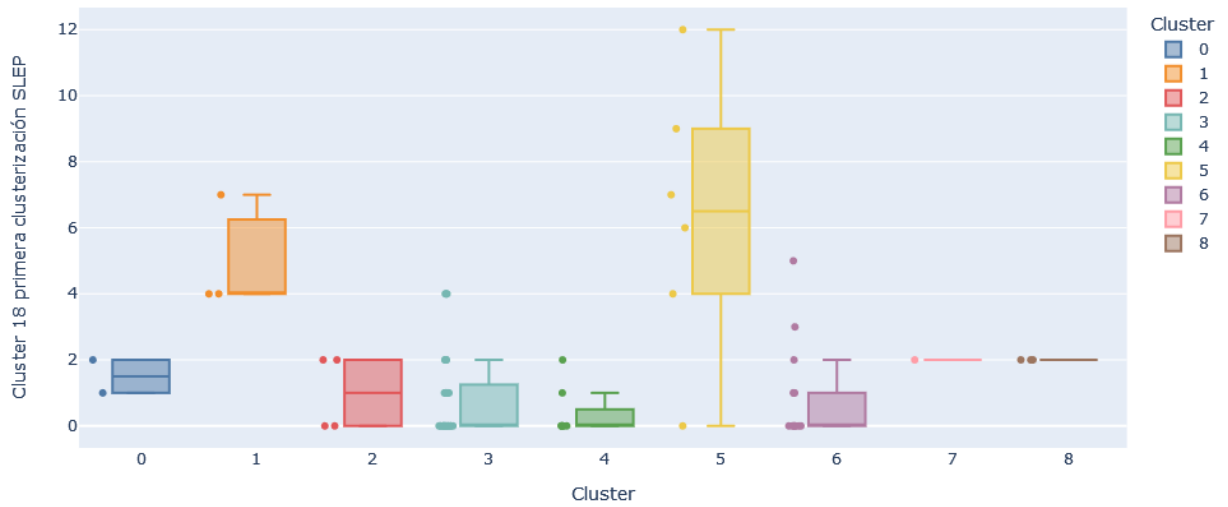


Figura 6.23: EEP-18 de cada SLEP por grupo de segundo nivel. Fuente: Elaboración Propia.