

Evaluación de medidas sanitarias de restricción para el control de la pandemia COVID-19 en Chile

June 7, 2021

1 Metodología

Para estudiar el efecto de la definición de cuarentenas en la contención de la pandemia en Chile, se realiza un estudio de tipo cohorte donde se compara la evolución de los casos nuevos cada 10.000 habitantes de comunas que están en período de cuarentena y comunas que no están en período de cuarentena.

Se dispone de información tanto epidemiológica referida al número de casos activos y número de casos nuevos a nivel comunal. Esta información está disponible a nivel diario (generalmente cada 3-4 días) según los registros del Ministerio de Ciencia. También se dispone de información socio-demográfica a nivel comunal (ver tabla 1), las cuales se registran con periodicidad anual (información al año 2019).

Variable	Fuente Información
Índice Ruralidad	Ministerio Desarrollo Social
Índice socio-económico	OCHISAP
Índice Desarrollo Humano	OCHISAP
Población y superficie	Ministerio de Ciencias
Densidad poblacional	Población/superficie

Table 1: Descripción variables socio-demográficas

1.1 Propuesta de matching

Con el fin de poder comparar la evolución de los casos nuevos de las comunas bajo regimen de cuarentena y aquellas que no están en cuarentena, se propone una estrategia de matching que permita definir pares de comunas que tengan similares características pero que se diferencien en el tipo de restricciones de movilidad impuestas en cada una (definición de cuarentenas). El proceso de matching se divide en dos etapas:

1.1.1 Etapa 1: Posibles pares de comunas a comparar

Para una comuna con cuarentena que comienza el período de cuarentena con a_c casos activos iniciales cada 10.000 habitantes, las comunas que son potenciales parejas para ser comparadas, son aquellas que satisfacen:

- la comuna no está en período de cuarentena
- la comuna, en un día cualquiera de su período sin cuarentena, tiene a_s casos activos iniciales cada 10.000 habitantes.
- la diferencia relativa entre los casos activos cada 10.000 habitantes es menor a 5%, esto es

$$\frac{|a_s - a_c|}{a_c} \leq 0.05$$

En el proceso de matching, se consideran las comunas en todos sus períodos de cuarentena. Esto es, si una comuna ha estado en más de un período de cuarentena, la comuna es considerada en el matching considerando los casos activos iniciales de cada uno de los períodos de cuarentena.

El período de tiempo que se considera para comparar los pares de comunas corresponde al mínimo de tiempo hasta que una de las comunas cambia de régimen respecto a la cuarentena. Esto último significa que las comunas se van a comparar hasta que a la comuna con cuarentena se libere de la cuarentena o bien hasta que la comuna sin cuarentena inicie un período de cuarentena. Sólo comunas con al menos 15 días de comparación, son consideradas como posibles parejas de comunas de comparación.

En la figura 1 se ilustra los resultados obtenidos del primer paso del proceso de matching. La línea punteada de color naranja representa la evolución de los casos activos de una comuna que comienza un período de cuarentena. Las líneas negras corresponden a la evolución de los casos activos de potenciales comunas con las cuales hacer la comparación.

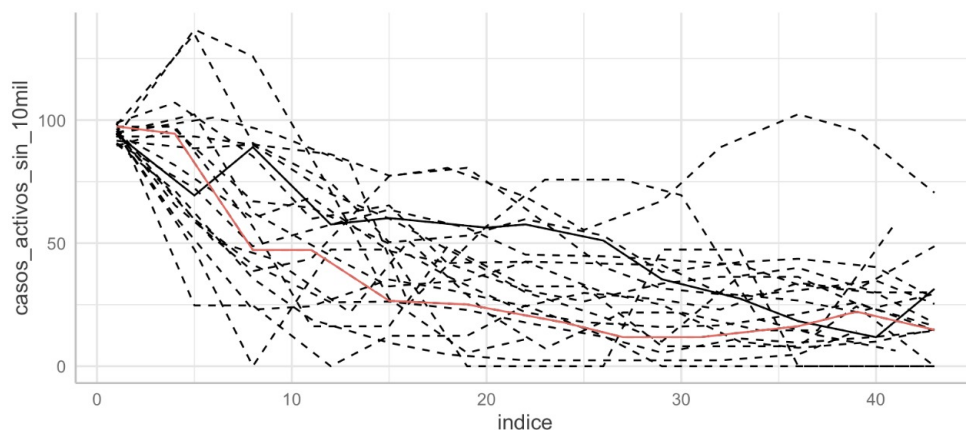


Figure 1: Etapa 2: Casos activos cada 10.000 habitantes.

1.1.2 Etapa 2: Selección comuna de comparación

Considerando información sólo de las comunas en las que se ha definido cuarentena, se realiza un procedimiento de K-means para definir cluster de comunas con similares características socio-demográficas dadas por:

- Índice de ruralidad
- Índice socio-económico
- Índice de desarrollo humano
- Densidad poblacional
- Población

Los resultados de este procedimiento son aplicados sólo con las comunas en los períodos sin cuarentena con el fin de definir la comuna match asociada a cada comuna con cuarentena. Esta comuna se selecciona como aquella con la menor distancia euclidiana con respecto a la comuna con cuarentena considerando los casos nuevos totales y las variables sociodemográficas mencionadas anteriormente.

Este último paso se ilustra en la figura 2. De la totalidad de comunas sin cuarentenas cuya curva de casos activos se muestran en la figura 1, la comuna seleccionada como la comuna match es aquella que cumple las condiciones de la etapa 2 antes descrita.

Definidos los criterios de selección de pares de comuna con y sin cuarentena, existen comunas que no son seleccionadas en el proceso de matching. Así también, existen comunas que sólo son seleccionadas en el proceso de matching en los períodos en que están sin cuarentena. El desglose detallado de esta información por región, se resumen en la sección Anexo 2: Proceso de Matching.

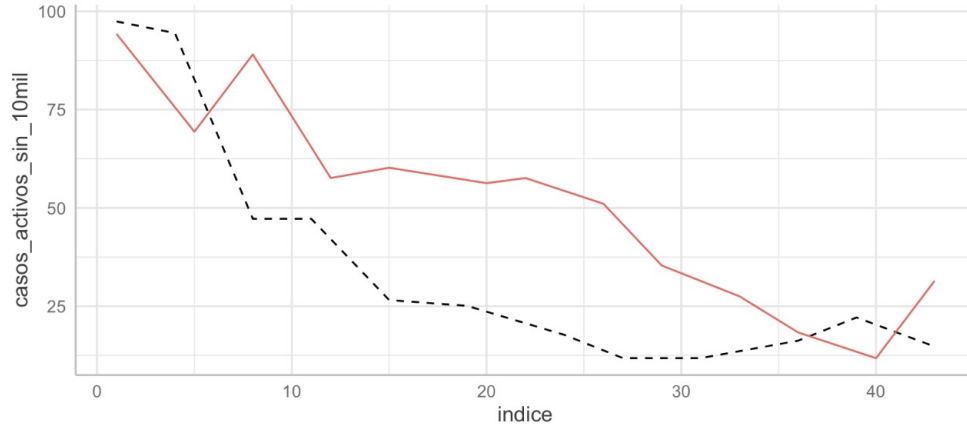


Figure 2: Paso 2: selección de la comuna sin cuarentena

Nota: Las etapas del proceso matching utilizan distintas bases de datos como insumo. Un resumen de las bases de datos usadas en cada una de las etapas del proceso se resume en la figura 7 sección Anexo 1. Las bases de datos utilizadas en el proceso están disponibles en Amazon Web Service (AWS). El proceso K-means se realiza usando código SQL.

1.2 Datos

Se cuenta con información de los casos nuevos cada 10.000 habitantes desde el día 15 de abril de 2020 al día 5 de abril de 2021, de 262 comunas del país (de un total 345 comunas, i.e. 75.94%), las cuales están ubicadas en 51 provincias dentro de las 16 regiones del país. La evolución de los casos nuevos para las parejas de comunas seleccionadas con cuarentena (1) y sin cuarentena (0) se muestra en la figura 3.

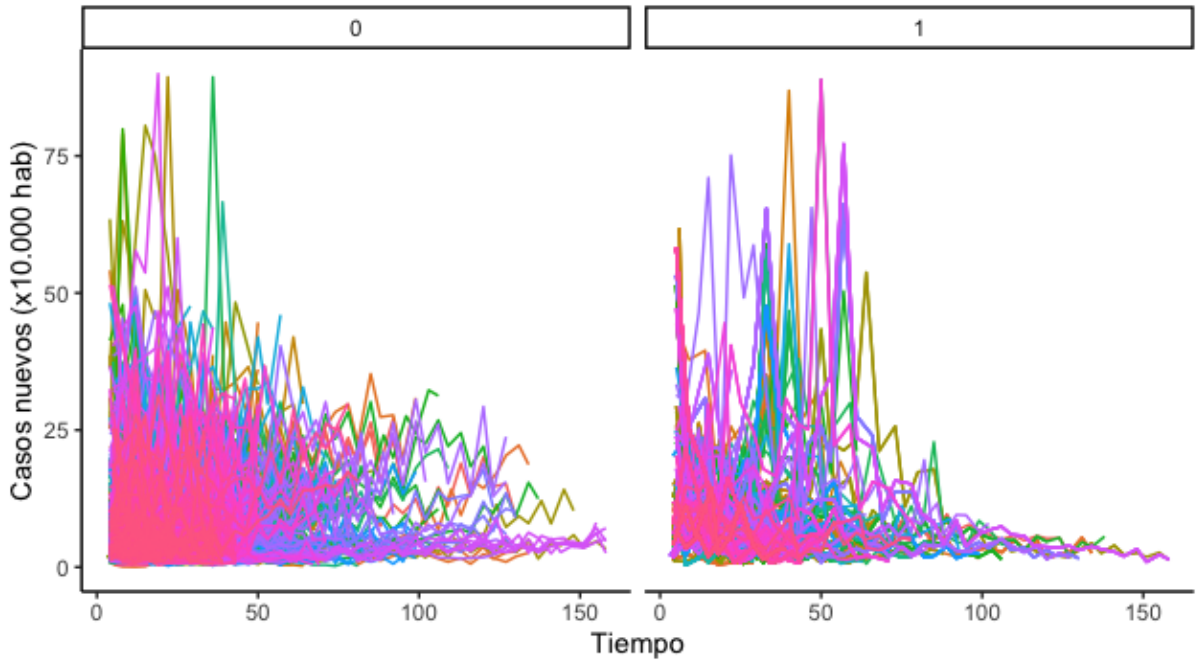


Figure 3: Evolución de los casos nuevos para parejas de comunas a comparar: comuna sin cuarentena (valor 0) y comuna con cuarentena (valor 1).

En la tabla 2 se resumen las estadísticas descriptivas de los casos nuevos cada 10.000 habitantes de las comunas que están en períodos de cuarentena y aquellas que no están en período de cuarentena. En la tabla 3 se muestran las estadísticas descriptivas de los casos nuevos cada 10.000 habitantes según el día de la semana. En la tabla 4 se resume las estadísticas descriptivas de los casos nuevos según la cantidad de días del período de aislamiento (tiempo que una comuna permanece en cuarentena; tiempo que una comuna permanece sin definición de cuarentena). La información se entrega según las siguientes categorías del número de días del período de aislamiento: Nivel 1: 1-10 días, Nivel 2: 11-20 días, Nivel 3: 21-30 días, Nivel 4: 31-40 días, Nivel 5: 41-50 días, Nivel 6: 51-60 días, Nivel 7: 61-70 días, Nivel 8: 71-80 días y Nivel 9: al menos 81 días.

Cuarentena	Nº comunas	Promedio	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Sin cuarentena	235	9.56	8.26	0.04	89.97
Con cuarentena	115	8.47	8.21	0.40	88.89

Table 2: Estadísticas descriptivas casos nuevos cada 10.000 habitantes, según tipo definición de cuarentena

Cuarentena	Día	Conteos	Promedio	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Sin cuarentena	Lunes	4048	8.57	7.44	0.08	79.88
Sin cuarentena	Martes	50	10.30	8.14	0.79	30.19
Sin cuarentena	Miércoles	76	5.84	5.97	0.55	36.69
Sin cuarentena	Viernes	4045	10.72	8.98	0.04	89.97
Sin cuarentena	Sábado	70	5.27	4.14	0.76	20.19
Sin cuarentena	Domingo	149	9.05	6.49	0.59	33.33
Con cuarentena	Lunes	4072	6.45	5.30	0.40	75.11
Con cuarentena	Martes	123	20.66	6.64	6.61	37.83
Con cuarentena	Miércoles	174	7.22	3.49	2.04	20.65
Con cuarentena	Viernes	4043	9.56	9.78	0.66	88.89
Con cuarentena	Sábado	117	13.08	12.17	1.76	61.82
Con cuarentena	Domingo	292	15.38	6.36	4.55	39.51

Table 3: Estadísticas descriptivas casos nuevos cada 10.000 habitantes, según día de la semana

Cuarentena	Categoría	Total registros	Promedio casos nuevos	Desv. Estándar.
Sin cuarentena	1	24	6.67	6.72
Sin cuarentena	2	677	10.28	8.79
Sin cuarentena	3	1125	10.36	9.11
Sin cuarentena	4	1835	9.44	8.09
Sin cuarentena	5	1296	10.35	8.68
Sin cuarentena	6	1007	12.05	9.65
Sin cuarentena	7	579	8.09	6.01
Sin cuarentena	8	454	9.81	6.98
Sin cuarentena	9	1440	6.89	6.14
Con cuarentena	1	19	10.92	5.77
Con cuarentena	2	720	7.61	6.70
Con cuarentena	3	1051	7.48	6.27
Con cuarentena	4	1839	8.01	8.39
Con cuarentena	5	1660	7.39	4.34
Con cuarentena	6	991	8.63	8.51
Con cuarentena	7	696	9.59	10.36
Con cuarentena	8	489	10.61	9.60
Con cuarentena	9	1356	10.16	10.77

Table 4: Estadísticas descriptivas de los casos nuevos de las comunas, según cantidad de días con y sin cuarentena.

2 Modelo propuesto

Para evaluar el efecto de la definición de cuarentenas sobre la evolución de los casos nuevos en comunas con y sin cuarentena, se propone un modelo de regresión en el que se considera como variable respuesta el logaritmo de los casos nuevos cada 10.000 habitantes con el fin de suavizar cambios bruscos en las curvas de casos nuevos a nivel comunal. En la figura 4 se muestra la evolución del logaritmo de los casos nuevos cada 10.000 habitantes para las comunas en período de cuarentena (1) y comunas sin período de cuarentena (0). Se observa que, en general, al final del período de comparación hay una disminución del logaritmo de los casos nuevos para las comunas con cuarentena mientras que, para comunas sin cuarentena, este valor tiende a aumentar.

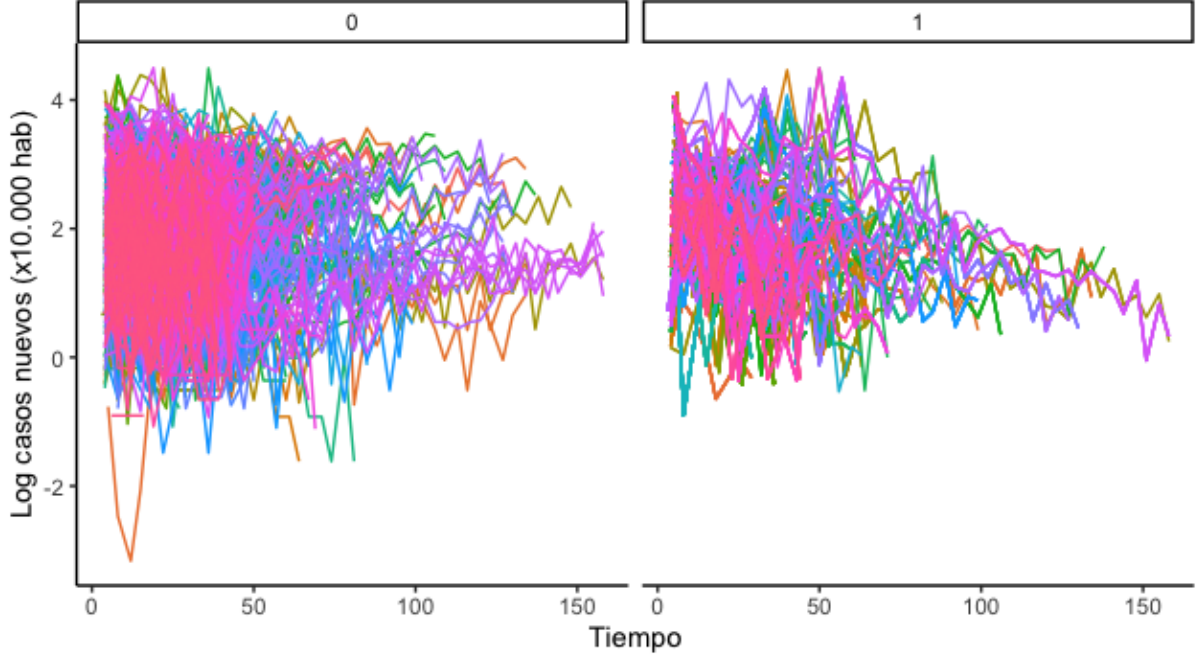


Figure 4: Evolución log casos nuevos comunas sin cuarentena (valor 0) y comunas con cuarentena (valor 1).

Sea y_{ijkt} el logaritmo de los casos nuevos cada 10.000 habitantes de la j -ésima comuna de la provincia i en el tiempo t de la k -ésima serie asociada a esa comuna. El modelo propuesto para evaluar la definición de cuarentenas considera un efecto cuadrático del tiempo de medición, además de la interacción del tiempo con la definición de cuarentena, el cual se presenta a continuación:

$$\begin{aligned}
 y_{ijkt} = & \beta_0 + \sum_{h=1}^5 \beta_h d_{ijkt} + \beta_6 lca_{ijk} + \beta_7 lt_{ijkt} + \beta_8 lt_{ijkt}^2 + \beta_9 ldf_{ijkt} \\
 & + \beta_{10} \delta_{ijkt} + \beta_{11} \delta_{ijkt} lt_{ijkt} + \beta_{12} \delta_{ijkt} lt_{ijkt}^2 \\
 & + \gamma_i^0 + \eta_{ijk}^0 + u_{ij}^0 + u_{ij}^1 \delta_{ijkt} + \psi_{ij}^{(1)} \delta_{ijkt} lt_{ijkt} + \psi_{ij}^{(2)} \delta_{ijkt} lt_{ijkt}^2 + \epsilon_{ijkt}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

donde d_{ijkt} es el día de la semana correspondiente al tiempo t de la k -ésima serie de la comuna, lca_{ij} corresponde al logaritmo de los casos activos iniciales (carga de casos, en escala logarítmica, con que inicia el período de comparación la comuna), $lt_{ijkt} = \log(t)$, $ldf_{ijkt} = \log(h)$, con $h = t - t'$ y t' tiempo de medición inmediatamente anterior a t en la k -ésima serie de la comuna, δ_{ijkt} variable indicadora de la cuarentena al tiempo t en la serie k de la comuna (1 cuarentena; 0 no cuarentena).

El modelo propuesto asume que:

$$\begin{aligned}
\gamma_i^0 &\stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}(0, \tau_\gamma^2), \\
\eta_{ijk}^0 &\stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}(0, \tau_\eta^2) \\
\mathbf{u}_{ij} &\stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{bmatrix} \tau_0^2 & \tau_{01} \\ \tau_{01} & \tau_1^2 \end{bmatrix}\right) \\
\boldsymbol{\psi}_{ij} &\stackrel{iid}{\sim} \mathcal{N}\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{bmatrix} \pi_0^2 & \pi_{01} \\ \pi_{01} & \pi_1^2 \end{bmatrix}\right) \\
\epsilon_{ijkt} \mid \epsilon_{ijkt'} &\sim \mathcal{N}(0, \rho^{|t-t'|})
\end{aligned}$$

La estimación del modelo se realizó usando Stata 17, considerando el día martes como día de referencia. Los resultados del ajuste del modelo se resumen en la tabla 5, con las estimaciones de los parámetros del modelo.

Parámetro	Estimación	$P > z $	Intervalo	
β_0	-0.7326	0.000	-1.066	-0.3992
β_1 (Lunes)	-0.0042	0.926	-0.0863	0.0949
β_2 (Miércoles)	-0.2279	0.000	-0.3402	-0.1156
β_3 (Viernes)	-0.08536	0.045	0.1689	0.0018
β_4 (Sábado)	-0.0654	0.331	-0.1973	-0.0665
β_5 (Domingo)	0.0354	0.440	-0.3402	0.1156
β_6	0.7023	0.000	0.6404	0.7647
β_7	-0.6699	0.000	-0.7753	-0.5647
β_8	0.1193	0.000	0.1010	0.1375
β_9	1.1305	0.000	10.9792	1.2819
β_{10}	-1.8646	0.000	-2.3265	-1.4026
β_{11}	1.8059	0.000	1.4578	2.1539
β_{12}	-0.4037	0.000	-0.4677	-0.3398
τ_γ	0.0656	-	0.0322	0.1335
τ_η	0.0733	-	0.0632	0.0849
τ_0	0.1382	-	0.1039	0.1839
τ_1	3.8976	-	2.7021	5.622
τ_{01}	0	-		
π_0	2.3119	-	1.577	3.3893
π_{01}	0	-		
π_1	0.0785	-	0.0524	0.1176
ρ	0.7106	-	0.6975	0.7234

Table 5: Estimaciones de los parámetros del modelo

En las figuras 5 y 6 se representa la información de los efectos aleatorios, intercepto y pendiente, para cada comuna respectivamente.

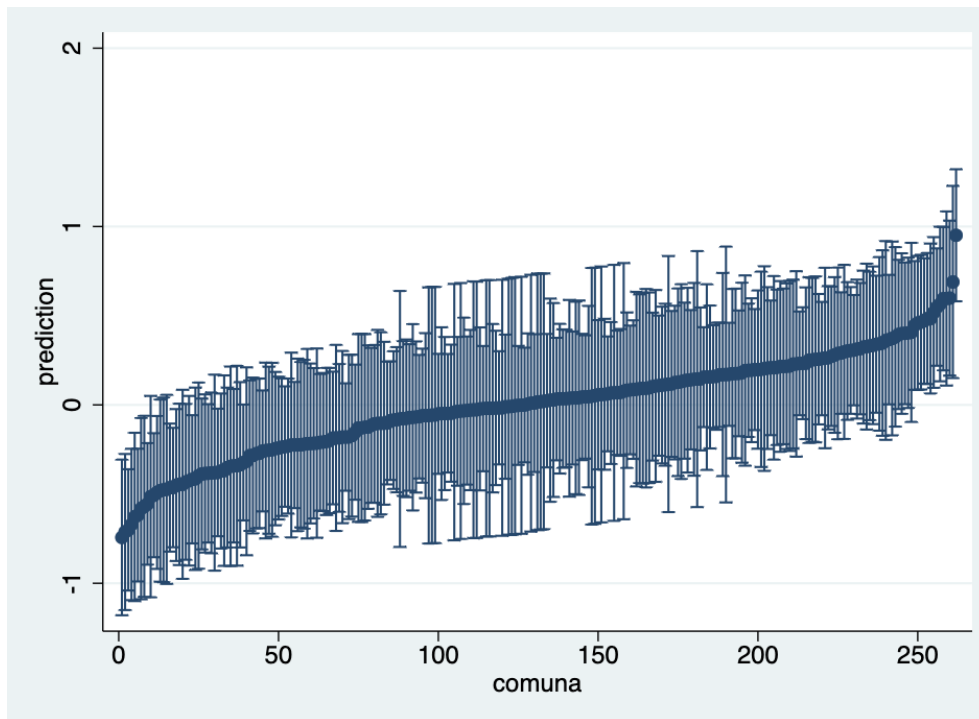


Figure 5: Caterpillar plot: intercepto aleatorio

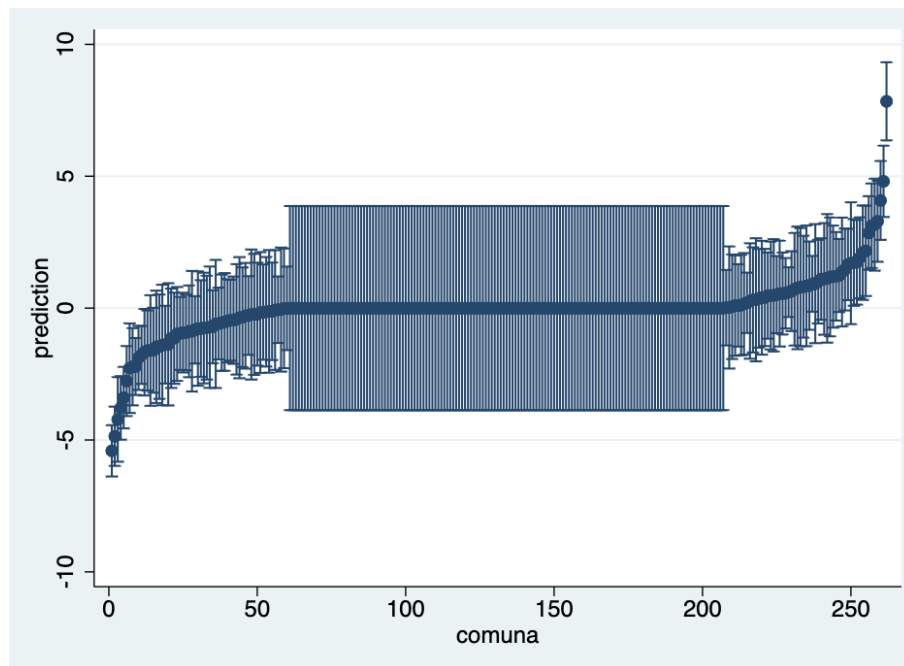


Figure 6: Caterpillar plot: pendiente aleatoria

Anexos

Anexo 1: Esquema construcción base matching

En la siguiente figura se resume la información relativa a la creación de la base utilizada para la evaluación del modelo presentado en la sección 2.

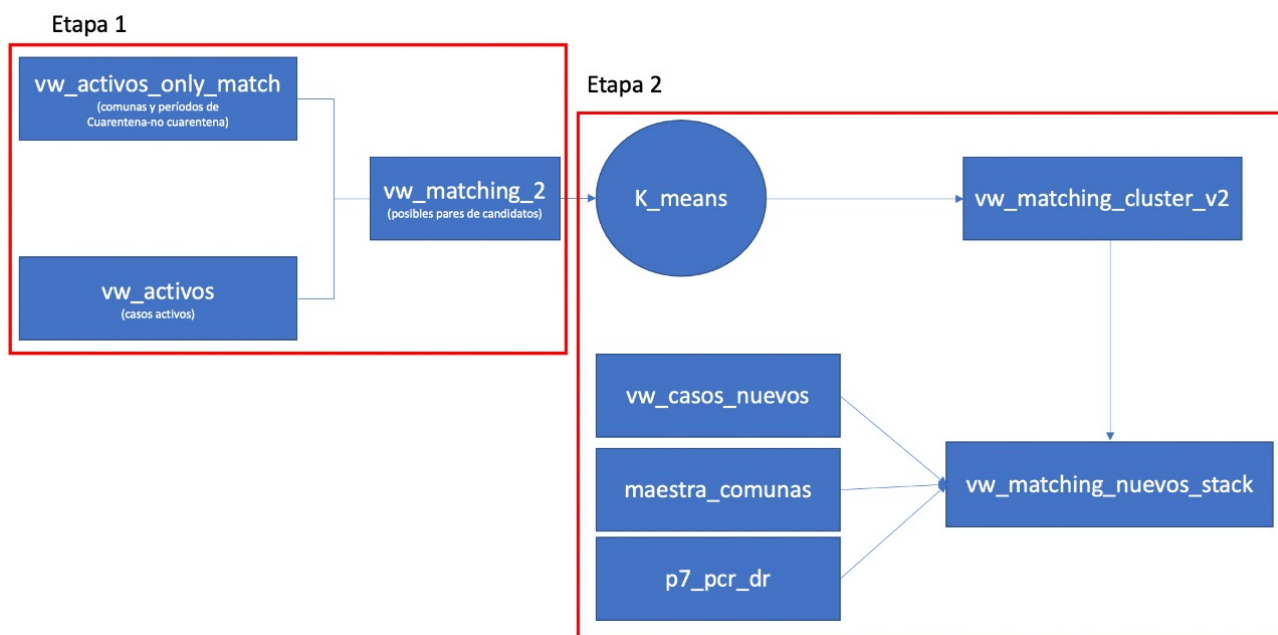


Figure 7: Bases datos utilizadas en el proceso matching

Anexo 2: Proceso de Matching

Comunas no seleccionadas

Dados los criterios de selección de parejas de comunas determinadas por el modelo a matching propuesto, hay comunas que no son seleccionadas en el proceso de matching. Una lista de las comunas no seleccionadas es el siguiente:

- Región de Arica y Parinacota: Camarones, Putre, General Lagos.
- Región de Tarapacá: Camina, Colchane.
- Región de Antofagasta: Antofagasta, Ollagüe.
- Región de Coquimbo: Paiguano, Vicuña, Canela, Salamanca, Combarbalá, Monte Patria.
- Región de Valparaíso: Valparaíso, Juan Fernández, Isla de Pascua, Cabildo, Petorca, Hijuelas, Catemu, Panquehue, Putaendo, Santa María.
- Región Metropolitana: Santiago, Cerrillos, Las Condes, Maipú, Ñuñoa, Peñalolén, Providencia, Quilicura, San Miguel, Vitacura, Puente Alto, San Bernardo, María Pinto.
- Región del Libertador Bernardo O'Higgins: Codegua, Coinco, Coltauco, Las Cabras, Malloa, Mostazal, Quinta de Tilcoco, Requinoa, Pichilemu, Marchihue, Navidad, Paredones, Chepica, Chimbarongo, Lolol, Nancagua, Peralillo, Pumanque.
- Región del Maule: Río Claro, Chanco, Pelluhue, Rauco, Vichuquén, Colbún, Retiro, Villa Alegre.
- Región de Ñuble: Portezuelo, Ranquil, Treguaco, Ñiquén.
- Región de la Araucanía: Purén.
- Región de Los Lagos: Chaitén, Futaleufú, Palena.
- Región de Aysén: Lago Verde, Guaitecas, Cochrane, O'Higgins, Tortel, Río Ibáñez.
- Región de Magallanes y la Antártica Chilena: Laguna Blanca, Río Verde, San Gregorio, Primavera, Timaukel, Natales, Torres del Paine.

Comunas sólo sin cuarentena

Dados los criterios de selección de parejas de comunas determinadas por el modelo a matching propuesto, hay comunas que sólo son consideradas sólo con períodos sin cuarentena. Se desglosa a continuación todas estas comunas según región:

- Región de Arica y Parinacota: .
- Región de Tarapacá: Huará, Pica.
- Región de Antofagasta: Sierra Gorda, Taltal, San Pedro de Atacama, María Elena.
- Región de Atacama: Caldera, Chañaral, Diego de Almagro, Alto del Carmen, Freirina, Huasco.
- Región de Coquimbo: Andacollo, La Higuera, Illapel, Los Vilos, Río Hurtado.
- Región de Valparaíso: Casablanca, Concón, Puchuncaví, Quintero, Calle Larga, Rinconada, San Esteban, La Ligua, Papudo, Zapallar, Nogales, Algarrobo, Cartagena, El Quisco, El Tabo, Santo Domingo, Llaillay, Quilpué, Limache, Olmué, Villa Alemana.
- Región Metropolitana: Conchalí, La Granja, Lo Prado, Recoleta, Renca, San Joaquín, Pirque, Alhué, San Pedro.
- Región del Libertador Bernardo O'Higgins: Doñihue, Olivar, Peumo, La Estrella, Litueche, San Fernando, Palmilla, Placilla.
- Región del Maule: Talca, Constitución, Curepto, Empedrado, Maule, Pelarco, Pencahue, San Rafael, Cauquenes, Hualañé, Licantén, Romeral, Sagrada Familia, Teno, Parral, San Javier, Yervas Buenas.
- Región de Ñuble: Bulnes, El Carmen, Pemuco, Pinto, Quillón, San Ignacio, Yungay, Quirihue, Cobquecura, Coelemu, Ninhue, San Carlos, San Fabián, San Nicolás.
- Región del Biobío: Florida, Santa Juana, Arauco, Cañete, Contulmo, Tirúa, Los Ángeles, Antuco, Cabrero, Laja, Mulchén, Nacimiento, Negrete, Quilaco, Quilleco, San Rosendo, Santa Bárbara, Tucapel, Yumbel, Alto Biobío.
- Región de la Araucanía: Cunco, Gorbea, Melipeuco, Nueva Imperial, Perquenco, Pitruftuén, Pucón, Toltén, Angol, Collipulli, Curacautín, Lonquimay, Los Sauces, Lumaco, Renaico, Traiguén, Victoria.
- Región de Los Ríos: Corral, Lanco, Mafil, Mariquina, Paillaco, Panguipulli, Lago Ranco, Río Bueno.
- Región de Los Lagos: Cochamó, Llanquihue, Puerto Varas, Castro, Curaco de Velez, Dalcahue, Quellón, Quinchao, Puerto Octay, Puyehue, San Pablo.
- Región de Aysén: Aysén, Cisnes, Chile Chico.
- Región de Magallanes y la Antártica Chilena: Cabo de Hornos.