

Índice de vulnerabilidad municipal a COVID-19

Reporte 2

Autor:

Raúl Sierra Alcocer

raul.sierra@conabio.gob.mx

CONABIO
CIMAT
CentroGeo
CONACYT

14 de julio de 2020

Índice

1	Objetivo	2
2	Definiciones	3
3	Resumen de resultados	4
3.1	Mapa de vulnerabilidad	4
3.2	Mapa de letalidad 1 de julio de 2020	4
3.3	Lista 10 municipios más vulnerables	5
3.4	Los 10 municipios menos vulnerables	5
3.5	Los 10 municipios con más de 500K habitantes más vulnerables	6
3.6	Los 10 municipios con más de 500K habitantes menos vulnerables	6
4	Datos	8
5	Método	9
5.1	Especificación modelo	9
5.2	Análisis por entidades	9
5.2.1	Letalidad por entidad	11
5.2.2	Vulnerabilidad por entidad	12
5.2.3	Relación entre el índice de vulnerabilidad y la letalidad	12
5.3	Serie de modelos PLS (24/04/2020 - 01/07/2020)	14
5.3.1	Descripción de los indicadores	14
5.3.2	Distribución de valores de coeficientes por indicador	16
5.3.3	Serie de tiempo de coeficientes por indicador	17
5.3.4	Comparación municipios urbanos y no urbanos	20
5.4	Comparación Regresión PLS VS Random Forest	28
5.4.1	Serie de tiempo de importancia de indicadores	28
5.4.2	Distribución de vulnerabilidad según Random Forest	30
5.4.3	Correlación entre letalidad y vulnerabilidad RF	31
5.4.4	Correlación entre vulnerabilidad RF y letalidad en el futuro	32
5.4.5	Evaluación con municipios fuera del ajuste en el futuro	33

1. Objetivo

Identificar municipios vulnerables ante la amenaza de COVID-19, donde entendemos vulnerabilidad como mayor susceptibilidad a padecer efectos adversos por la enfermedad, y entender qué características están más ligadas a esta vulnerabilidad.

La vulnerabilidad de una población la evaluamos con base en sus características de desarrollo social, economía, y salubridad. El índice de vulnerabilidad produce: un mapa de vulnerabilidad municipal, un ordenamiento de los municipios de México de acuerdo con el riesgo que representa para sus habitantes la exposición al Sars-Cov-2, y una relación de los indicadores y la letalidad de COVID-19. Un objetivo particular es tener una evaluación preliminar sobre el riesgo potencial para municipios donde todavía no se han reportado casos.

2. Definiciones

Amenaza 'La potencial ocurrencia de eventos físicos de origen natural o antropogénico que pueden tener efectos adversos sobre los elementos vulnerables y expuestos', ¹

Exposición 'la intensidad y duración en que los elementos, como personas, ecosistemas, infraestructura y servicios, están presentes en lugares que podrían verse afectados negativamente'. ²

Vulnerabilidad 'La propensión o predisposición a verse afectado adversamente por una amenaza', en nuestro caso COVID-19. ^{3, 4}

Riesgo 'la probabilidad de que se produzcan alteraciones severas en el funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido a la ocurrencia de fenómenos físicos peligrosos que interactúan con condiciones sociales vulnerables', ^{5, 6}

Letalidad la proporción de casos de COVID-19 que terminan en defunción.

¹DIAZ CARAVANTES, Rolando Enrique. Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud. *Región y sociedad* [online]. 2018, vol.30, n.73 [citado 2020-06-18], 0006. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252018000300006&lng=es&nrm=iso. ISSN 1870-3925. <http://dx.doi.org/10.22198/rys.2018.73.a968>.

²DIAZ CARAVANTES, Rolando Enrique. Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud. *Región y sociedad* [online]. 2018, vol.30, n.73 [citado 2020-06-18], 0006. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252018000300006&lng=es&nrm=iso. ISSN 1870-3925. <http://dx.doi.org/10.22198/rys.2018.73.a968>.

³DIAZ CARAVANTES, Rolando Enrique. Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud. *Región y sociedad* [online]. 2018, vol.30, n.73 [citado 2020-06-18], 0006. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252018000300006&lng=es&nrm=iso. ISSN 1870-3925. <http://dx.doi.org/10.22198/rys.2018.73.a968>.

⁴Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation, <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>

⁵DIAZ CARAVANTES, Rolando Enrique. Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud. *Región y sociedad* [online]. 2018, vol.30, n.73 [citado 2020-06-18], 0006. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252018000300006&lng=es&nrm=iso. ISSN 1870-3925. <http://dx.doi.org/10.22198/rys.2018.73.a968>.

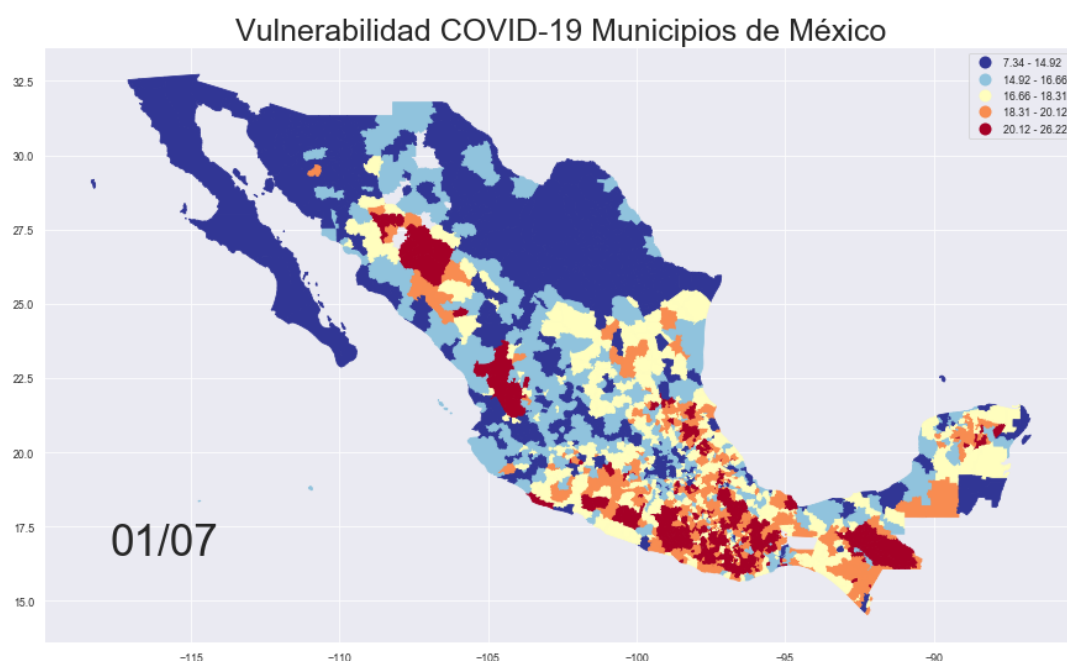
⁶Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation, <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>

3. Resumen de resultados

El índice, como veremos más adelante, muestra que las entidades donde se acumulan más municipios vulnerables son: Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Veracruz y Puebla. Otras entidades aunque la mediana de sus municipios tienen vulnerabilidades medias y bajas, se caracterizan por tener algunos de los municipios con una vulnerabilidad dentro de las más altas del país como Chihuahua, Durango, y Nayarit son casos en esta categoría. Por ejemplo, el Municipio de [Batopilas de Manuel Gómez Morín](#) en Chihuahua que se encuentra en la Sierra Tarahumara es uno de los cinco municipios con mayor vulnerabilidad.

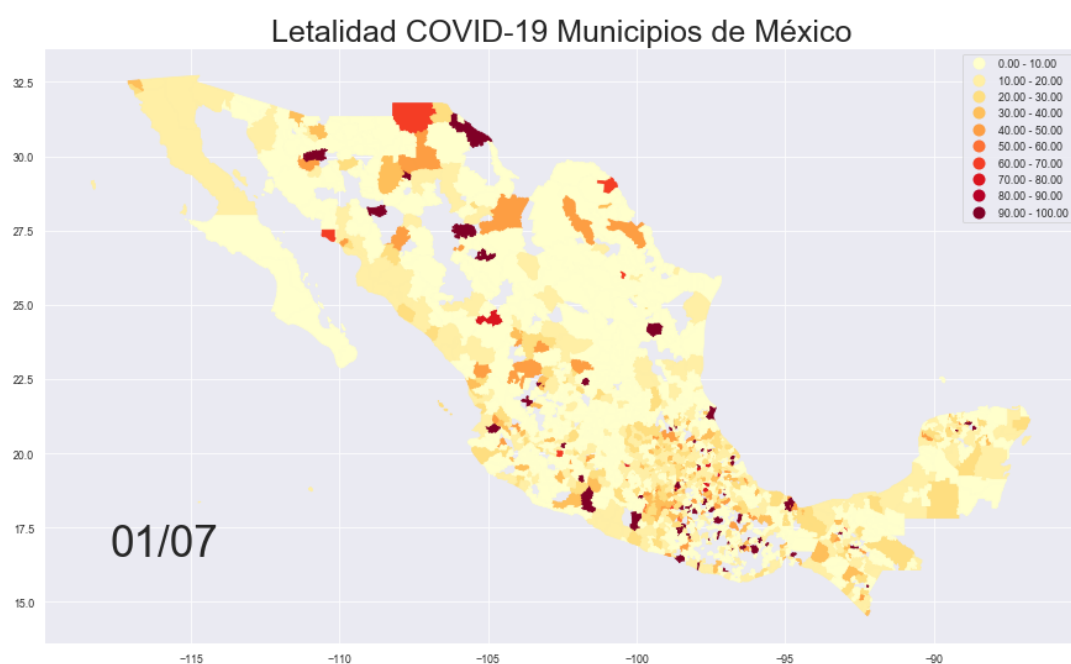
3.1. Mapa de vulnerabilidad

El mapa de vulnerabilidad publicado actualmente fue ajustado con los datos de la epidemia correspondientes al primero de julio.



3.2. Mapa de letalidad 1 de julio de 2020

La letalidad en esa fecha se distribuía de la siguiente manera.



3.3. Lista 10 municipios más vulnerables

De acuerdo con el índice, los diez municipios más vulnerables son los siguientes. Un dato notable es que de los diez municipios más vulnerables seis no tienen casos reportados. En general los municipios más vulnerables son municipios con muy pocos casos, o sin casos.

ENTIDAD_RES	MUNICIPIO_RES	valor	covid_confirmados_100k	tasa_covid_letal
GUERRERO	COCHOAPA EL GRANDE	26.2157	5.17143	0
DURANGO	MEZQUITAL	25.8557	27.0983	0
CHIHUAHUA	BATOPILAS DE MANUEL GÓMEZ MORÍN	25.8403	0	nan
NAYARIT	DEL NAYAR	25.5153	26.4801	0
OAXACA	SAN JOSÉ TENANGO	25.1978	15.8295	33.3333
OAXACA	SANTOS REYES YUCUNÁ	25.1768	0	nan
CHIAPAS	CHALCHIHUITÁN	24.8769	0	nan
CHIAPAS	SITALÁ	24.7416	0	nan
VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE	TEHUIPANGO	24.6909	0	nan
OAXACA	SAN SIMÓN ZAHUATLÁN	24.536	0	nan

3.4. Los 10 municipios menos vulnerables

ENTIDAD_RES	MUNICIPIO_RES	valor	covid_confirmados_100k	tasa_covid_letal
NUEVO LEÓN	MONTERREY	7.3394	170.603	4.58572
JALISCO	GUADALAJARA	7.34839	153.175	13.5041
CIUDAD DE MÉXICO	MIGUEL HIDALGO	7.93135	510.505	9.18473
CIUDAD DE MÉXICO	CUAUHTÉMOC	8.01432	527.154	12.9322
CIUDAD DE MÉXICO	BENITO JUÁREZ	8.53129	391.738	11.0065
CIUDAD DE MÉXICO	GUSTAVO A. MADERO	9.07085	523.974	16.264
PUEBLA	PUEBLA	9.14281	412.244	10.6113
CHIHUAHUA	CHIHUAHUA	9.37719	74.6791	12.835
CIUDAD DE MÉXICO	TLALPAN	9.50335	552.303	7.48408
CIUDAD DE MÉXICO	IZTAPALAPA	9.55245	458.924	13.7062

3.5. Los 10 municipios con más de 500K habitantes más vulnerables

ENTIDAD_RES	MUNICIPIO_RES	valor	covid_confirmados_100k	tasa_covid_letal
MÉXICO	CHIMALHUACÁN	15.1433	183.003	17.9818
GUERRERO	ACAPULCO DE JUÁREZ	13.8808	378.927	15.5367
MÉXICO	IXTAPALUCA	13.8562	207.791	19.3886
JALISCO	TONALÁ	13.4699	71.8406	9.63855
JALISCO	SAN PEDRO TLAQUEPAQUE	13.1456	80.8673	12.5654
MÉXICO	ATIZAPÁN DE ZARAGOZA	12.699	167.472	18.2208
MÉXICO	NEZAHUALCÓYOTL	12.5998	312.119	16.7278
GUANAJUATO	IRAPUATO	12.587	115.441	3.97163
JALISCO	TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA	12.5824	61.1635	8.12183
TAMAULIPAS	MATAMOROS	12.5802	198.31	7.84857

3.6. Los 10 municipios con más de 500K habitantes menos vulnerables

ENTIDAD_RES	MUNICIPIO_RES	valor	covid_confirmados_100k	tasa_covid_letal
NUEVO LEÓN	MONTERREY	7.3394	170.603	4.58572
JALISCO	GUADALAJARA	7.34839	153.175	13.5041
CIUDAD DE MÉXICO	CUAUHTÉMOC	8.01432	527.154	12.9322
CIUDAD DE MÉXICO	GUSTAVO A. MADERO	9.07085	523.974	16.264
PUEBLA	PUEBLA	9.14281	412.244	10.6113
CHIHUAHUA	CHIHUAHUA	9.37719	74.6791	12.835
CIUDAD DE MÉXICO	TLALPAN	9.50335	552.303	7.48408
CIUDAD DE MÉXICO	IZTAPALAPA	9.55245	458.924	13.7062

ENTIDAD_RES	MUNICIPIO_RES	valor	covid_confirmados_100k	tasa_covid_letal
MÉXICO				
SONORA	HERMOSILLO	9.55842	253.051	5.9315
YUCATÁN	MÉRIDA	9.57715	267.362	8.14901

4. Datos

El índice de vulnerabilidad lo construimos relacionando indicadores de CONEVAL, INEGI y estadísticas CLUES, con la letalidad de COVID-19 observada en los municipios donde ya se han confirmado casos de infección de Sars-Cov-2.

Las fuentes de datos para el conjunto de indicadores pertenecen a cuatro categorías. La siguiente lista presenta la fuente y la categoría a la que pertenece cada conjunto de indicadores:

1. Social:

- Fuente: CONEVAL, rezago social, 2015
- Producto: Índice de rezago social por municipio
- URL:

2. Economía:

- Fuente: CONEVAL, pobreza, 2015
- Producto: Indicadores de pobreza por municipio
- URL: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/indicadores-de-pobreza-municipal-2010-2015>

3. Salud:

- Fuente: INEGI
- Producto: estadísticas vitales, 2015
- URL:

4. Infraestructura de salud:

- Fuente: CLUES
- Producto:
- URL:

5. Método

Para construir el índice de vulnerabilidad integramos un conjunto de indicadores sociales, económicos y de salubridad y encontramos la combinación de estos que más se relaciona con el nivel de letalidad de COVID-19. Con esta combinación generamos el índice, el cuál nos indica el grado en que la población de un municipio es susceptible a tener complicaciones por COVID-19.

Como proxy de vulnerabilidad utilizamos la letalidad observada de COVID-19 en cada municipio y ajustamos una regresión usando como variables independientes indicadores de los municipios sobre carencias sociales, de pobreza, de salud y de infraestructura de salud. Para realizar este ajuste sólo consideramos municipios con al menos diez casos confirmados.

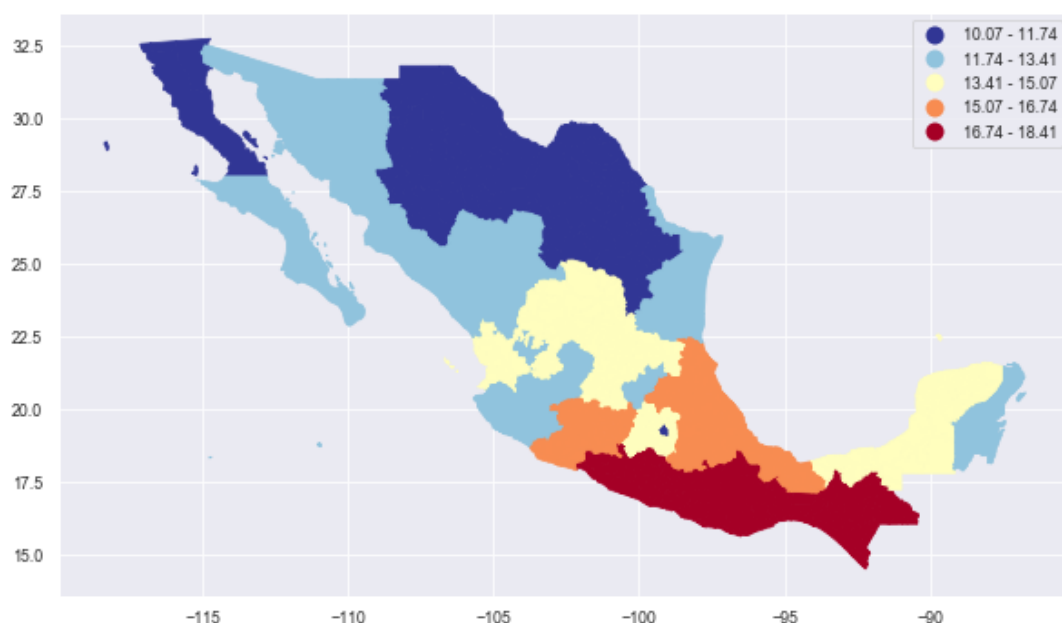
El método para construir este índice es regresión por mínimos cuadrados parciales. Este método busca la combinación de indicadores que explica más sobre la letalidad de COVID-19 en una población. Del ajuste obtenemos una función que calcula el índice de vulnerabilidad para cada municipio, y coeficientes para cada indicador, los cuáles nos indican la relevancia que cada uno tiene en el resultado del índice, dada por la magnitud del coeficiente, y según el signo también sabemos en que dirección se asocia el indicador con la letalidad, por ejemplo, como veremos más adelante, el indicador *npnv* (porcentaje de la población que no es pobre ni vulnerable de acuerdo con CONEVAL) es de los indicadores con mayor peso pero en sentido inverso.

5.1. Especificación modelo

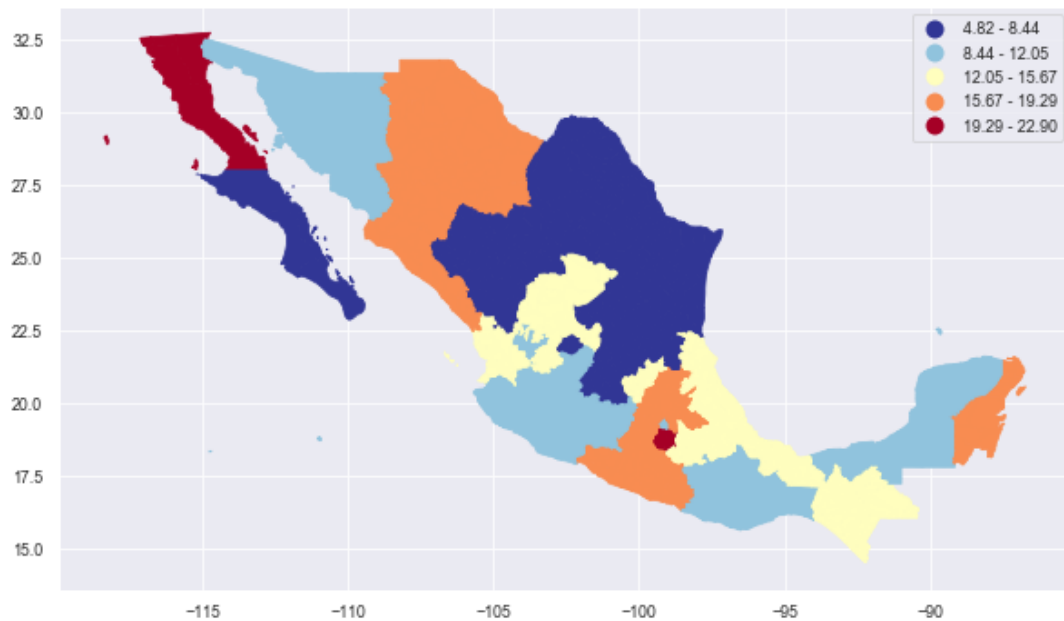
- **Período de datos para el análisis:** 24 de abril al 1 de julio de 2020
- **URL:** [Datos abiertos de COVID-19](#)
- **Implementación PLS:** [Scikit Learn - PLSRegression](#)

5.2. Análisis por entidades

En esta sección presentamos como se distribuyen la letalidad y el índice de vulnerabilidad por entidad. El siguiente mapa muestra la vulnerabilidad promedio por entidad.



El siguiente muestra la letalidad promedio por entidad.

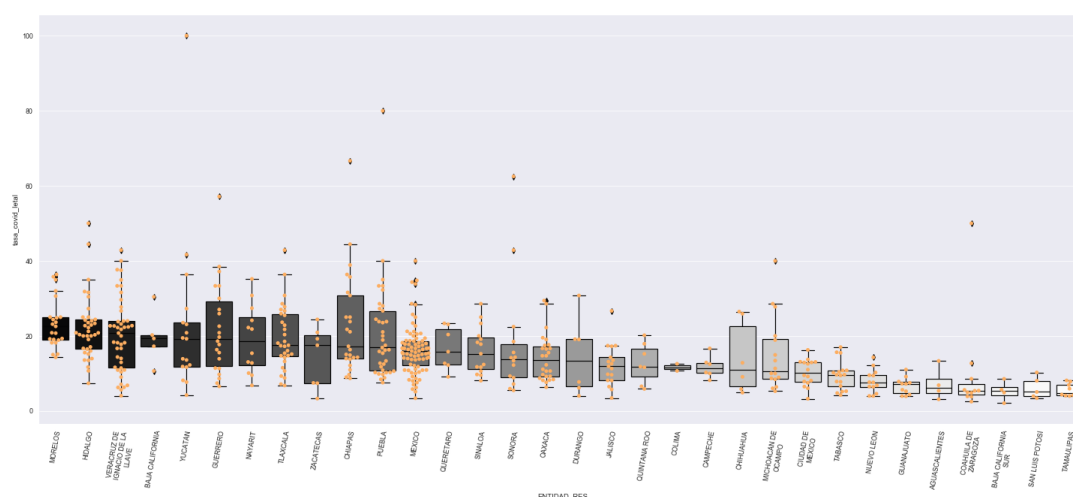


ENTIDAD_RES	letalidad_entidad	valor_entidad
BAJA CALIFORNIA	22.9027	10.6843
MORELOS	22.6921	14.7329
GUERRERO	19.2285	17.6891
HIDALGO	17.935	15.4225
CHIHUAHUA	17.9285	11.271
QUINTANA ROO	17.4444	12.6438
TLAXCALA	16.6966	15.1597
MÉXICO	16.2023	13.822
SINALOA	16.1163	12.381
PUEBLA	15.3972	15.3086
VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE	14.8525	16.3614
QUERÉTARO	13.9482	12.7773
CHIAPAS	13.4232	18.4086
NAYARIT	12.8511	13.7292
ZACATECAS	12.3046	14.5535
CIUDAD DE MÉXICO	11.6457	10.0725
CAMPECHE	10.8062	14.21
MICHOACÁN DE OCAMPO	10.7967	15.7684
SONORA	10.5049	11.8885
OAXACA	10.3718	17.8717
YUCATÁN	10.2524	13.7854
TABASCO	10.2048	14.5599
COLIMA	9.55172	13.1334
JALISCO	9.54612	12.2671
DURANGO	8.31493	13.3357
TAMAULIPAS	6.57878	12.8658

ENTIDAD_RES	letalidad_entidad	valor_entidad
AGUASCALIENTES	6.03222	11.7806
NUEVO LEÓN	6.01868	10.8071
SAN LUIS POTOSÍ	5.96977	14.2737
COAHUILA DE ZARAGOZA	5.3773	11.4534
BAJA CALIFORNIA SUR	5.24322	12.1794
GUANAJUATO	4.8214	13.5516

5.2.1. Letalidad por entidad

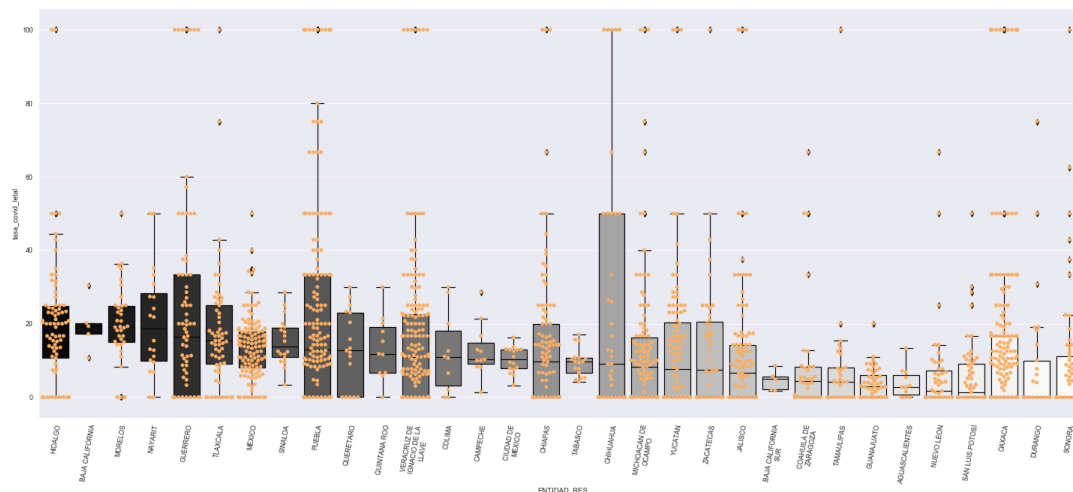
El siguiente diagrama de cajas muestra cómo se distribuye la letalidad para cada entidad, considerando municipios con más de 3 defunciones por COVID-19 reportadas. Cada punto es un municipio donde la altura representa la letalidad de COVID-19 observada en ese municipio.



De los municipios desplegados arriba los municipios con mayor letalidad son:

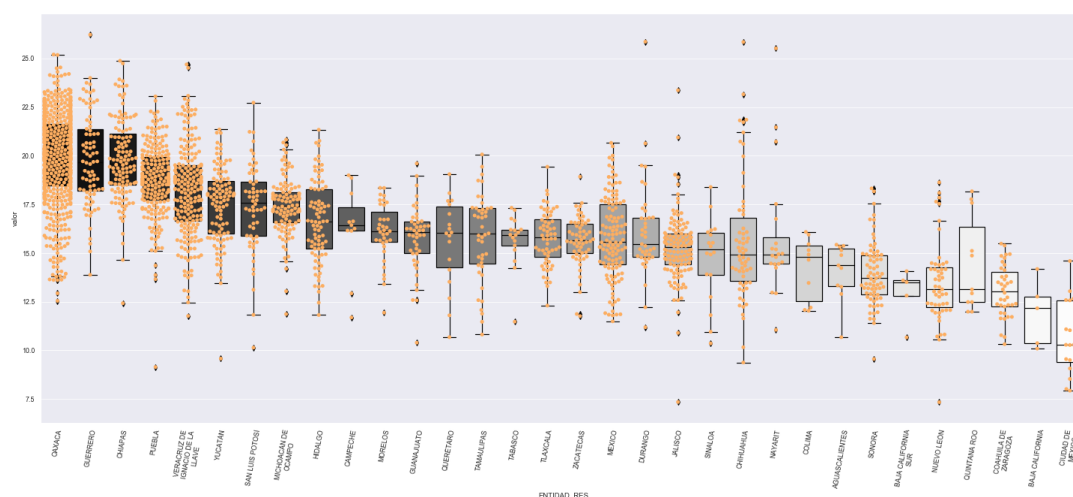
ENTIDAD_RES	MUNICIPIO_RES	valor	covid_confirmados_100k	tasa_covidletal
YUCATÁN	SANAHCAT	16.2425	218.699	100
PUEBLA	CHILCHOTLA	20.972	23.8277	80
CHIAPAS	IXTAPANGAJOYA	19.4267	100.2	66.6667
SONORA	SAN IGNACIO RÍO MUERTO	16.3743	51.0302	62.5
GUERRERO	HUAMUXTITLÁN	17.2029	44.4078	57.1429
COAHUILA DE ZARAGOZA	SAN BUENAVENTURA	11.7178	30.9837	50
HIDALGO	HUASCA DE OCAMPO	16.6286	41.9353	50
CHIAPAS	TUZANTÁN	19.1198	25.8124	44.4444
HIDALGO	CARDONAL	17.4306	45.3332	44.4444
TLAXCALA	MAZATECOCHCO DE JOSÉ MARÍA MORELOS	18.0166	120.679	42.8571

El criterio de desplegar municipios con más de 3 defunciones se aplicó para limpiar los datos. A continuación se presenta el mismo diagrama pero considerando todos los municipios con casos de Sars-CoV-2, se observa que hay varios municipios con cero defunciones y otros con letalidad de 100 %, estos dos casos extremos se presentan con mayor frecuencia y se salen de la distribución de valores de letalidad, esto sucede en general con municipios que han reportado pocos casos.



5.2.2. Vulnerabilidad por entidad

La siguiente gráfica muestra la distribución de vulnerabilidad de los municipios por entidad. Al igual que en la anterior, cada punto representa un municipio y la posición en el eje y está dada por el valor del índice de vulnerabilidad. El orden en el que se despliegan las entidades está dado por la mediana de vulnerabilidad.



5.2.3. Relación entre el índice de vulnerabilidad y la letalidad

Los resultados muestran que para municipios donde existen defunciones reportadas, la correlación entre el índice de vulnerabilidad y la letalidad es positiva. Si calculamos la correlación de Spearman entre letalidad y vulnerabilidad para los municipios con al menos una defunción obtenemos:

Correlaci[U+FFFD] de Spearman: 0.398

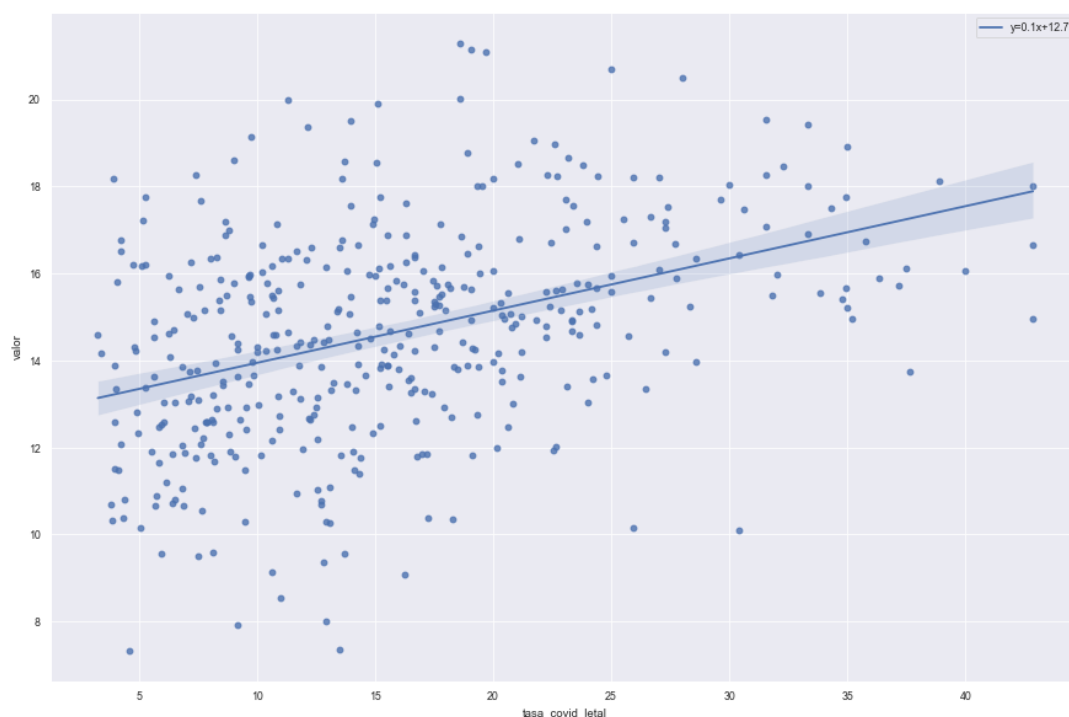
5.2.3.0.1. Si cambiamos a municipios con al menos 5 defunciones reportadas, la correlación aumenta aproximadamente 15 % a:

Correlaci[U+FFFD] de Spearman: 0.415

En los siguientes diagramas de dispersión mostramos esta relación. En el primer diagrama desplegamos todos los municipios con al menos una defunción reportada. Ahí podemos ver las líneas verticales de puntos generadas por municipios con pocas defunciones reportadas (entre una y tres defunciones).



Si eliminamos esos municipios y desplegamos únicamente los que tienen al menos 5 defunciones reportadas se eliminan por completo esas líneas y mejora la relación entre las variables.



5.3. Serie de modelos PLS (24/04/2020 - 01/07/2020)

El ajuste de la regresión por PLS asigna coeficientes a cada uno de los indicadores que estamos considerando, donde la magnitud del coeficiente nos indica el tamaño de la relación que se encontró entre el indicador y la letalidad, y el signo nos indica si la relación es proporcional, es decir, si valores grandes del indicador se relacionan con alta vulnerabilidad, o es inversamente proporcional, si conforme crece el valor del indicador decrece el de vulnerabilidad.

El siguiente es un análisis de los modelos resultantes de ajustar una regresión por cada conjunto de datos publicado en el período que va del 24/04/2020 al 01/07/2020, es decir para cada día se calculó un modelo de vulnerabilidad. A continuación mostramos las descripciones de los indicadores y cómo se mueven sus coeficientes conforme cambian los datos.

5.3.1. Descripción de los indicadores

campo	descriptor
carencias	%Población con al menos una carencia social
bi_2015	15 años y más con educación básica incompleta,2015
irs_2015	Índice de rezago social,2015
vnl_2015	Viviendas que no disponen de lavadora,2015
ic_segsoc	%Carencia por acceso a la seguridad social
pobreza	% Población en situación de pobreza
pobreza_m	%Población en situación de pobreza moderada
ic_rezedu	%Indicadores de carencia social Rezago educativo
plb	%Población con ingreso inferior a la línea de bienestar
an_2015	15 años y más analfabetas,2015
plbm	%Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo
carencias3	%Población con al menos tres carencias sociales

campo	descriptor
ic_ali	%Carencia por acceso a la alimentación
vnr_2015	Viviendas que no disponen de refrigerador,2015
ic_sbv	%Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda
ic_cv	%Carencia por calidad y espacios en la vivienda
vne_2015	Viviendas que no disponen de energía eléctrica,2015
pobreza_e	%Población en situación de pobreza extrema
vpt_2015	Viviendas piso de tierra,2015
vna_2015	Viviendas sin Agua,2015
vns_2015	Viviendas sin sanitario,2015
vnd_2015	Viviendas que no disponen de drenaje,2015
ne614_015	6 a 14 años que no asisten a la escuela,2015
tasa_diabetes	Diabetes mellitus.
hospitales_pemex	Unidades econ [U+0097] micas dedicadas principalmente a proporcionar servicios m [U+008E] édicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalizaci [U+0097] ³ n de los pacientes.
vul_car	%Población vulnerable por carencias sociales
ic_asalud	%Carencia por acceso a los servicios de salud
tasa_cardiacas	Enfermedades del sistema circulatorio, Fiebre reumática aguda y enfermedades cardíacas reumáticas crónicas, Enfermedades hipertensivas, Enfermedades isquémicas del corazón, Otras enfermedades del corazón, Enfermedades cerebrovasculares y Aterosclerosis.
porc_carencia_salud	Se considera que una persona se encuentra en situación de carencia por acceso a los servicios de salud cuando: No cuenta con adscripción o derecho a recibir servicios médicos de alguna institución que los presta, incluyendo el Seguro Popular, las instituciones públicas de seguridad social (IMSS, ISSSTE federal o estatal, Pemex, Ejército o Marina) o los servicios médicos privados.
sins_15	Porcentaje de Población sin derechohabencia a salud,2015
hospitales_semar	Unidades econ [U+0097] micas dedicadas principalmente a proporcionar servicios m [U+008E] dicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
hospitales_privados	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
tasa_cancer	Tumores (neoplasias), Tumores malignos del labio, de la cavidad bucal y de la faringe, Tumor maligno del esófago, Tumor maligno del estómago, Tumor maligno del colon, del recto y del ano, Tumor maligno del hígado y de las vías biliares intrahepáticas, Tumor maligno del páncreas, Tumor maligno de la laringe, Tumor maligno de la tráquea, de los bronquios y del pulmón, Melanoma maligno de la piel, Tumor maligno de la mama, Tumor maligno del cuello del útero, Tumor maligno de otras partes y de las no especificadas del útero, Tumor maligno del ovario, Tumor maligno de la próstata, Tumor maligno de la vejiga urinaria, Tumor maligno de las meninges, del encéfalo y de otras partes del sistema nervioso central, Linfoma no Hodgkin, Mieloma múltiple y tumores malignos de células plasmáticas y Leucemia.
tasa_pulmonares	Enfermedades del sistema respiratorio, Influenza (gripe), Neumonía, Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores y Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores.

campo	descriptor
hospitales_sme	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
total_de_camassprivados	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
hospitales_imss	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
hospitales_sedena	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
hospitales_ssa	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
hospitales_issste	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
consulta_1	Unidades económicas de dicadas principalmente a proporcionar servicios de consulta médica externa general o especializada (como servicios médicos especializados en cardiología, gastroenterología, otorrinolaringología, ginecología, homeopatía, nutrición, psiquiatría, oftalmología) prestados por profesionistas con estudios mínimos de licenciatura en medicina.
consultori	Unidades económicas de dicadas principalmente a proporcionar servicios de consulta médica externa general o especializada (como servicios médicos especializados encardiología, gastroenterología, otorrinolaringología, ginecología, homeopatía, nutrición, psiquiatría, oftalmología) prestados por profesionistas con estudios mínimos de licenciatura en medicina.
total_camass	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
farmacias	Unidades económicas dedicadas principalmente al comercio al por menor de medicamentos, productos naturistas y complementos alimenticios para consumo humano.
total_hospitales_publicos	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
total_camasspublicos	Unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios médicos, que cuentan con las instalaciones para la hospitalización de los pacientes.
vul_ing	%Población vulnerable por ingresos
lmex_2015	Lugar que ocupa en el contexto nacional,2015
nprv	%Población no pobre y no vulnerable

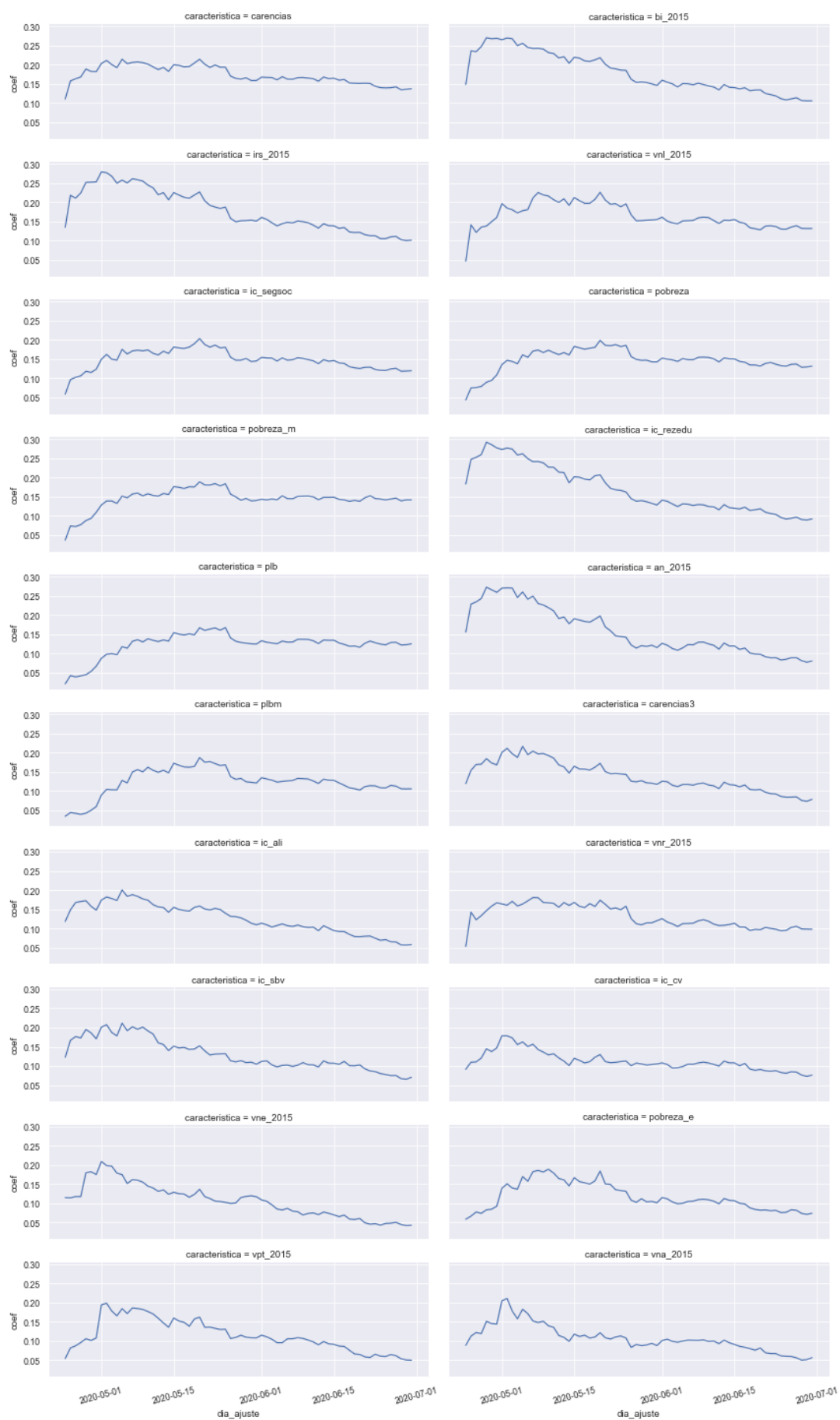
5.3.2. Distribución de valores de coeficientes por indicador

Este diagrama de cajas muestra los indicadores ordenados con respecto a la mediana de sus coeficientes, en él podemos ver el rango en el que se movieron los coeficientes a lo largo del periodo. Es importante notar que aunque los coeficientes de algunos indicadores se mueven en rangos relativamente amplios, en su mayoría se mantienen o en valores positivos o en negativos.



5.3.3. Series de tiempo de coeficientes por indicador

Las siguientes gráficas muestran cómo cambian los coeficientes de los indicadores conforme avanzamos en el día de publicación del conjunto de datos. En general se puede ver que los coeficientes se estabilizan a medida que avanza el tiempo. Además de entender cómo cambia el resultado del ajuste conforme se actualizan los datos, este análisis es una herramienta que podría ayudarnos a detectar cambios en el patrón de letalidad de la epidemia.







5.3.4. Comparación municipios urbanos y no urbanos

IntProgress(value=0, max=68)

	CLAVE_MUNICIPIO_RES	CLAVE_ENTIDAD_RES	MUNICIPIO_RES \		
0	01001	01	AGUASCALIENTES		
1	01005	01	AGUASCALIENTES		
2	01011	01	SAN FRANCISCO DE LOS ROMO		
3	02002	02	MEXICALI		
4	02003	02	TECATE		
\	RESULTADO	ENTIDAD_RES	conteo	defunciones	pt_2015
0	Positivo SARS-CoV-2	AGUASCALIENTES	126.0	2.0	877190
1	Positivo SARS-CoV-2	AGUASCALIENTES	7.0	0.0	120405
2	Positivo SARS-CoV-2	AGUASCALIENTES	2.0	0.0	46454
3	Positivo SARS-CoV-2	BAJA CALIFORNIA	399.0	31.0	988417
4	Positivo SARS-CoV-2	BAJA CALIFORNIA	35.0	3.0	102406
	an_2015	ne614_015	...	total_de_camias_privados	total_camias
pob2020 \					
0	2.06	3.48	...	43	1271
961977					
1	3.24	4.13	...	0	297

```

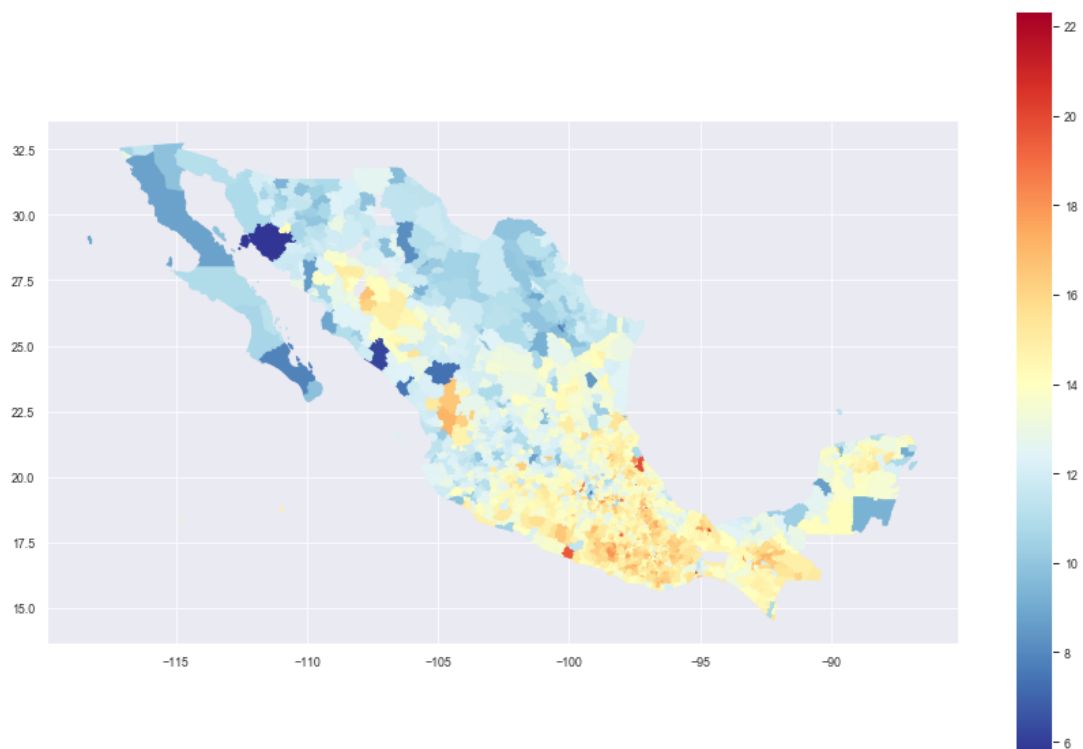
130184
2  2.93      3.87      ...  0                      0
51568
3  1.54      3.05      ...  249                    1176
1087478
4  2.31      2.14      ...  3                      122
113857

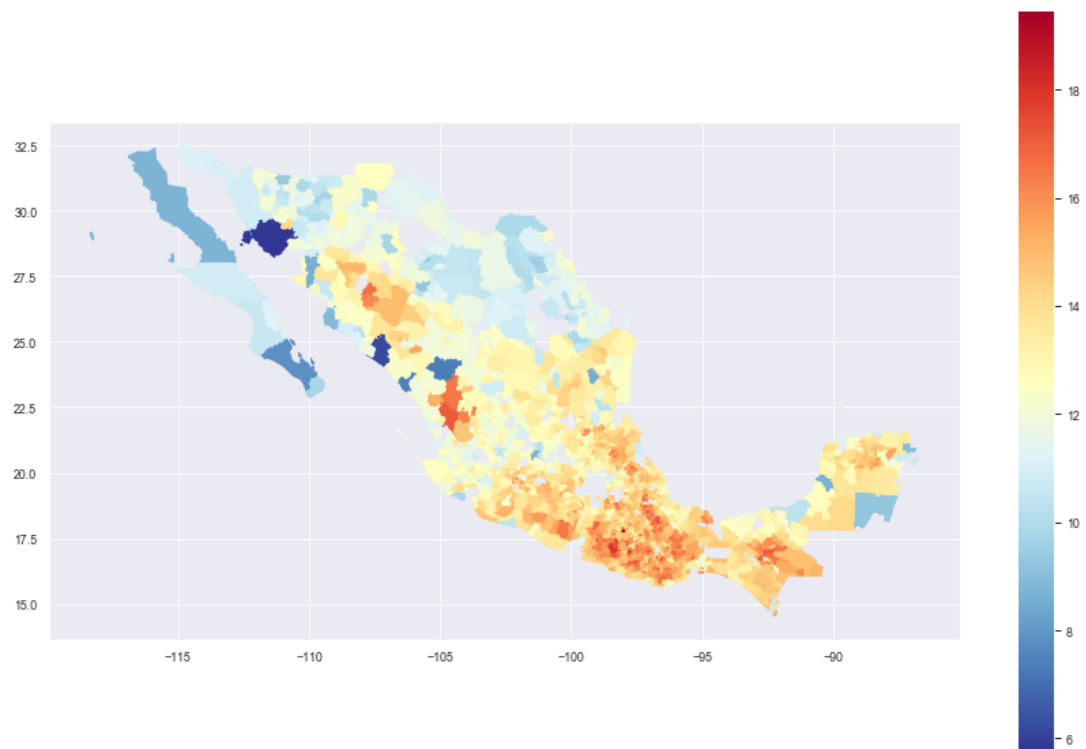
      CVE_MUN  covid_confirmados_100k  covid_defun_100k  tasa_covid_letal
\
0  001      13.10                      0.21              1.59
1  005       5.38                      0.00              0.00
2  011       3.88                      0.00              0.00
3  002      36.69                      2.85              7.77
4  003      30.74                      2.63              8.57

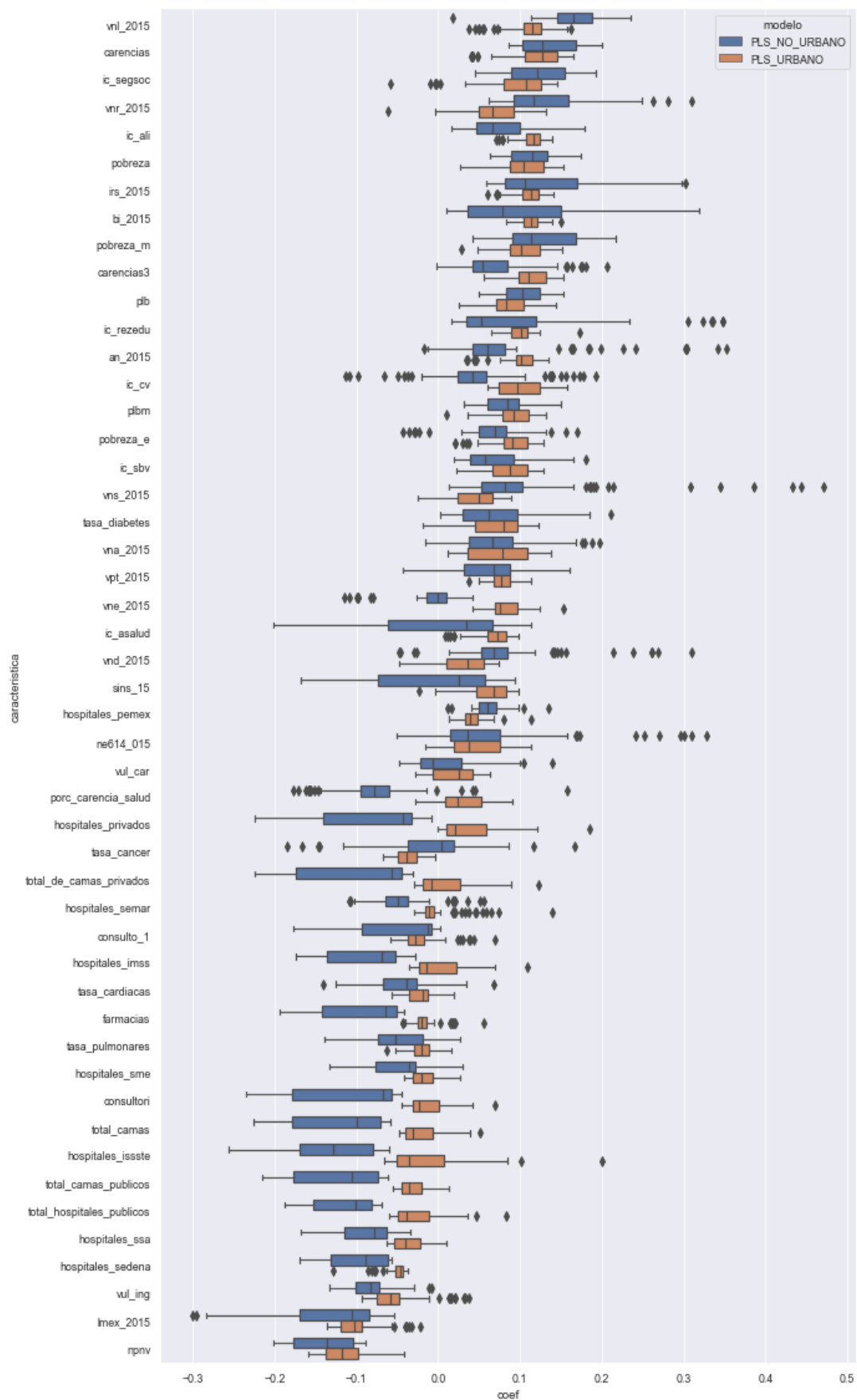
      modelo  dia_ajuste  valor
0  PLS_URBANO 2020-04-24  7.60
1  PLS_URBANO 2020-04-24  7.81
2  PLS_URBANO 2020-04-24  7.60
3  PLS_URBANO 2020-04-24  7.75
4  PLS_URBANO 2020-04-24  8.29

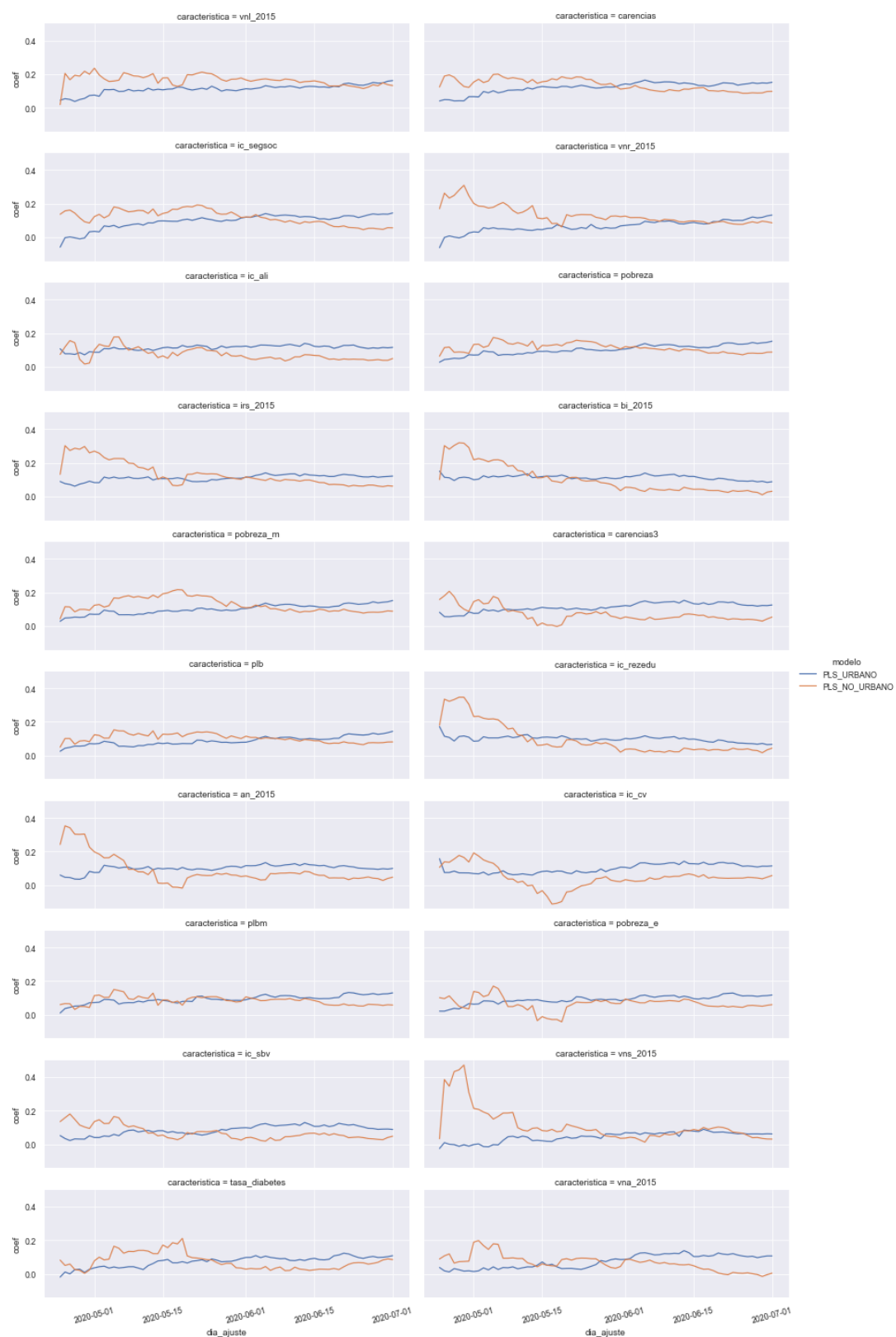
[5 rows x 92 columns]

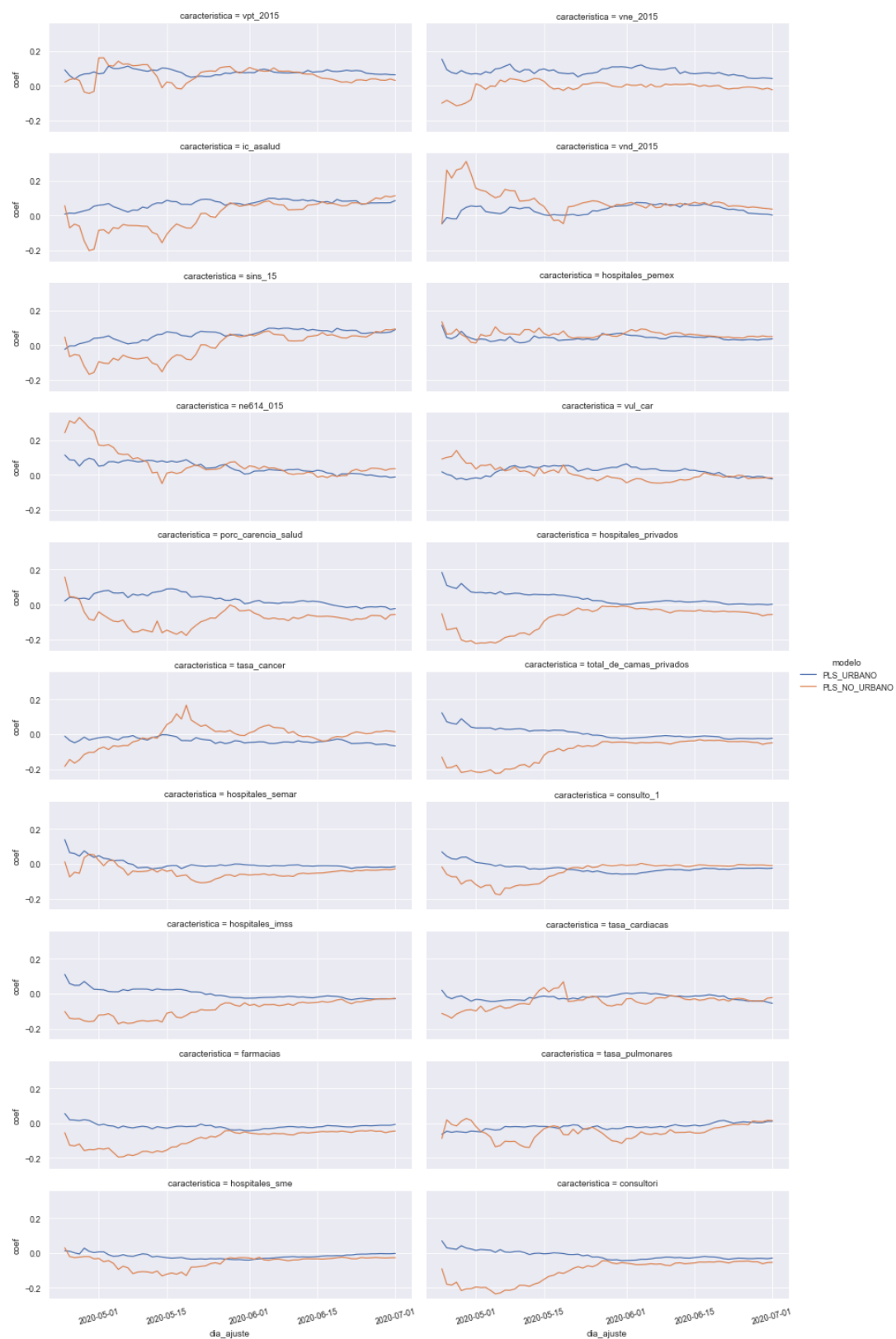
```

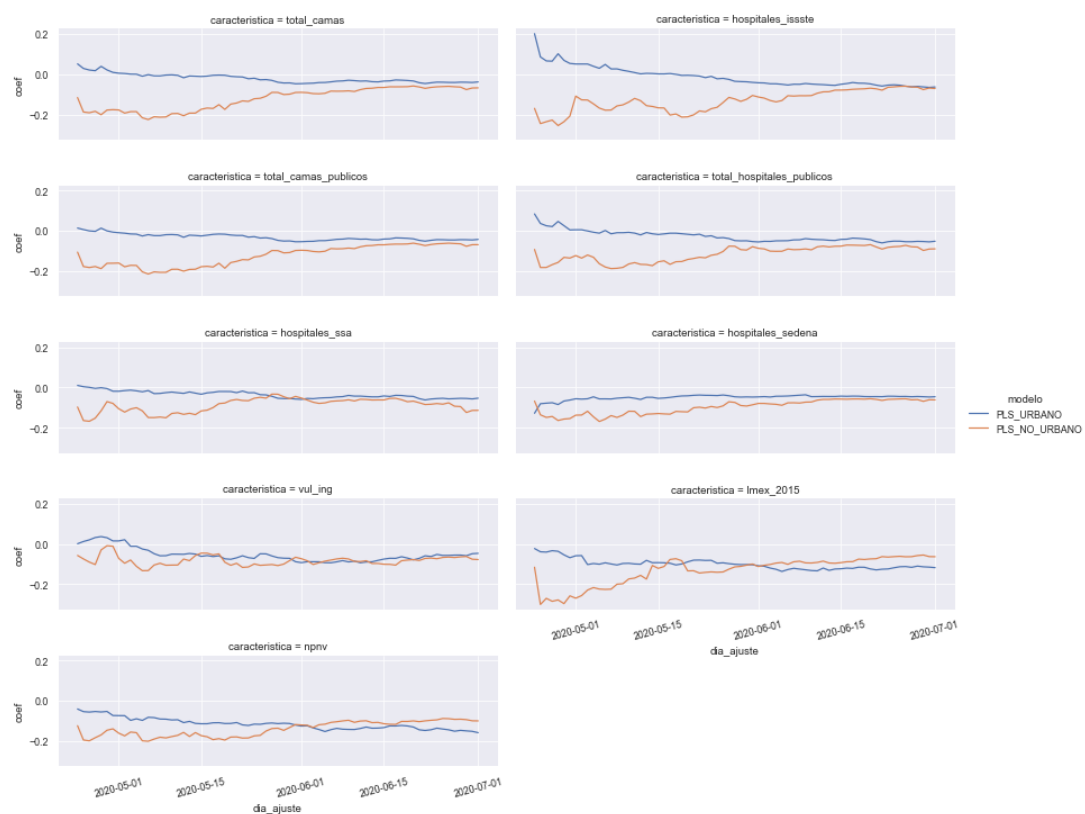






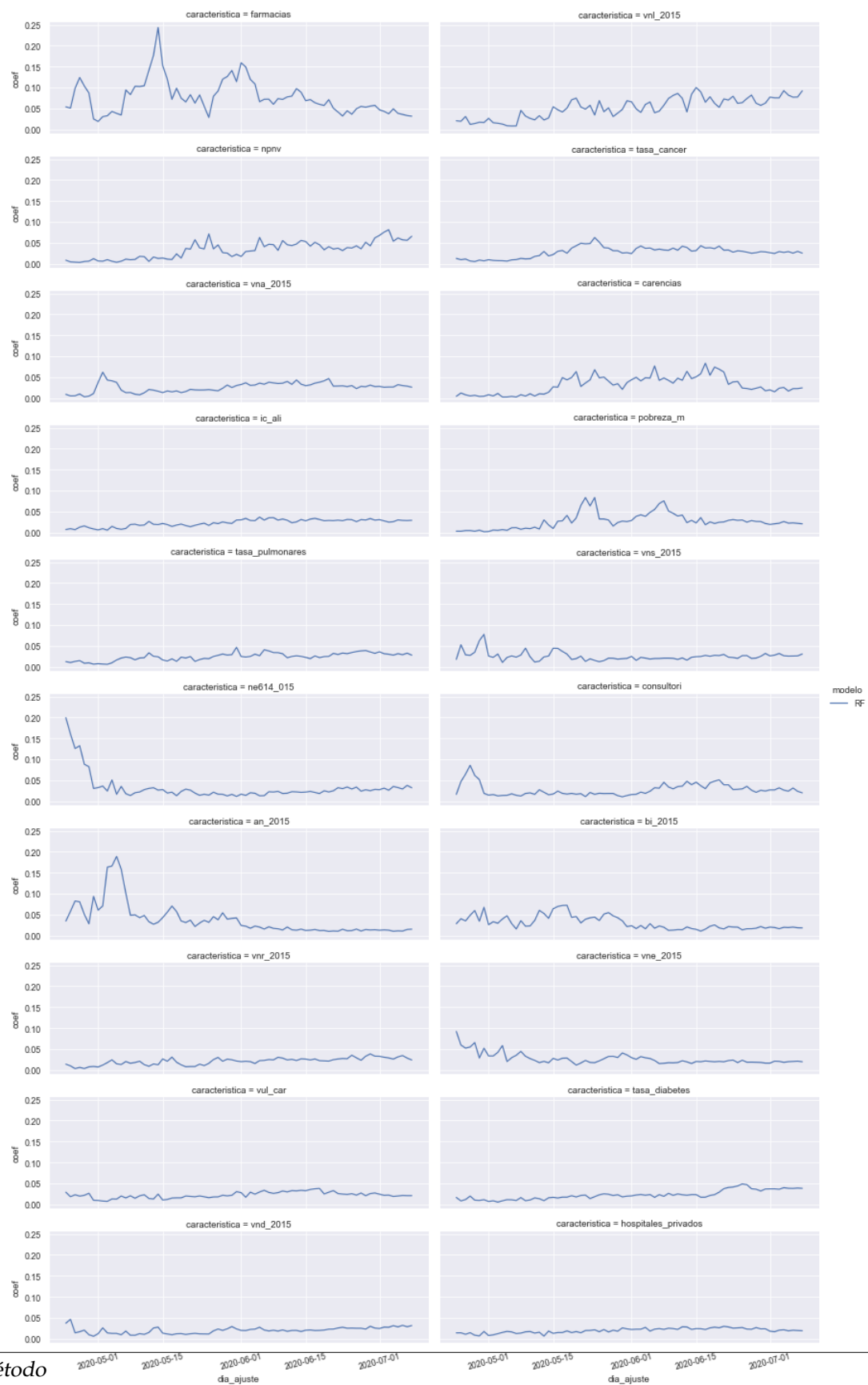




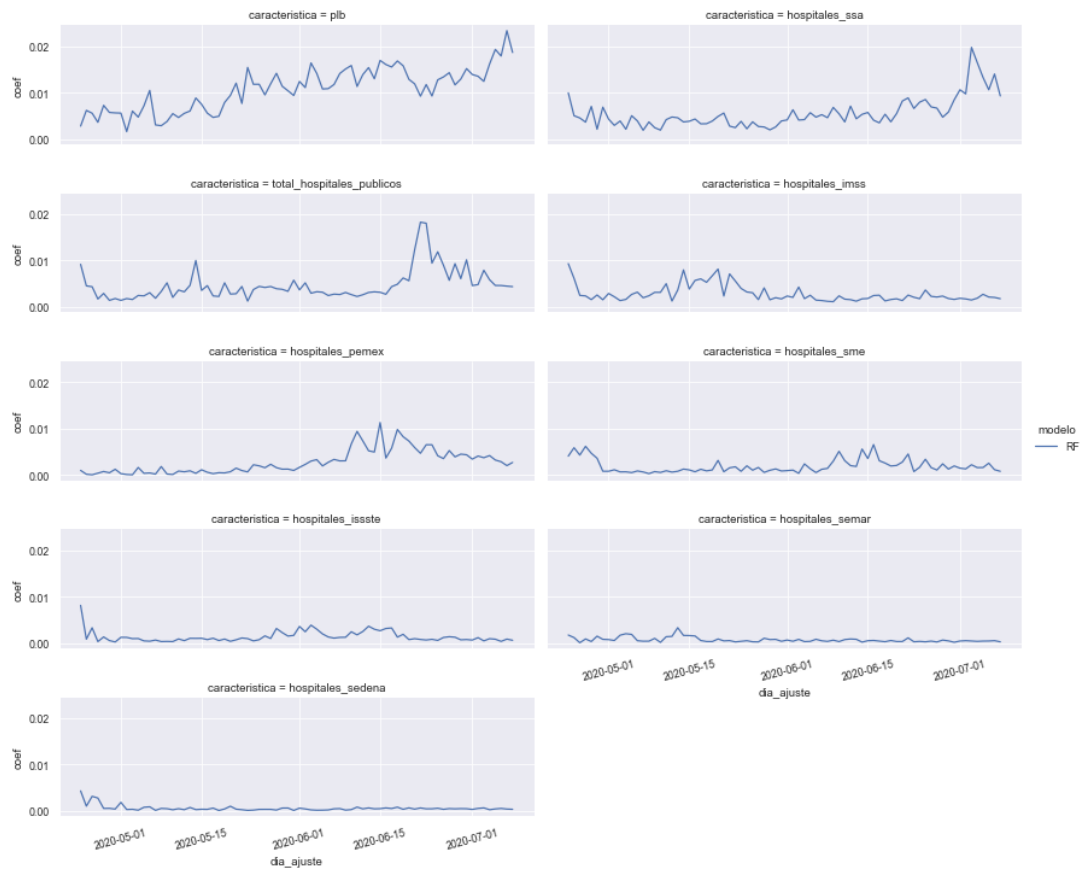


5.4. Comparación Regresión PLS VS Random Forest

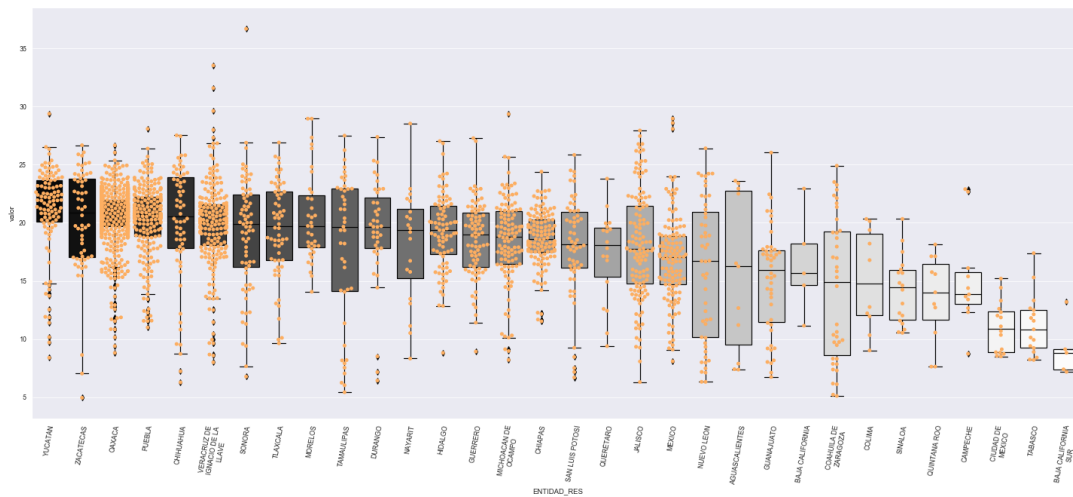
5.4.1. Serie de tiempo de importancia de indicadores



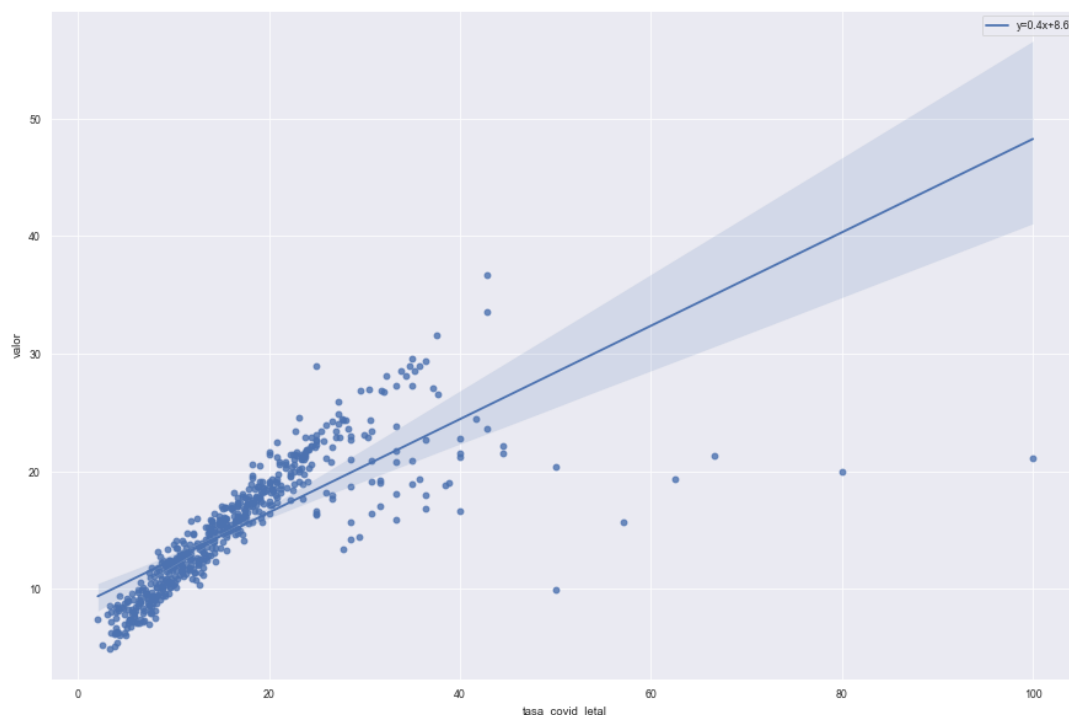




5.4.2. Distribución de vulnerabilidad según Random Forest



5.4.3. Correlación entre letalidad y vulnerabilidad RF

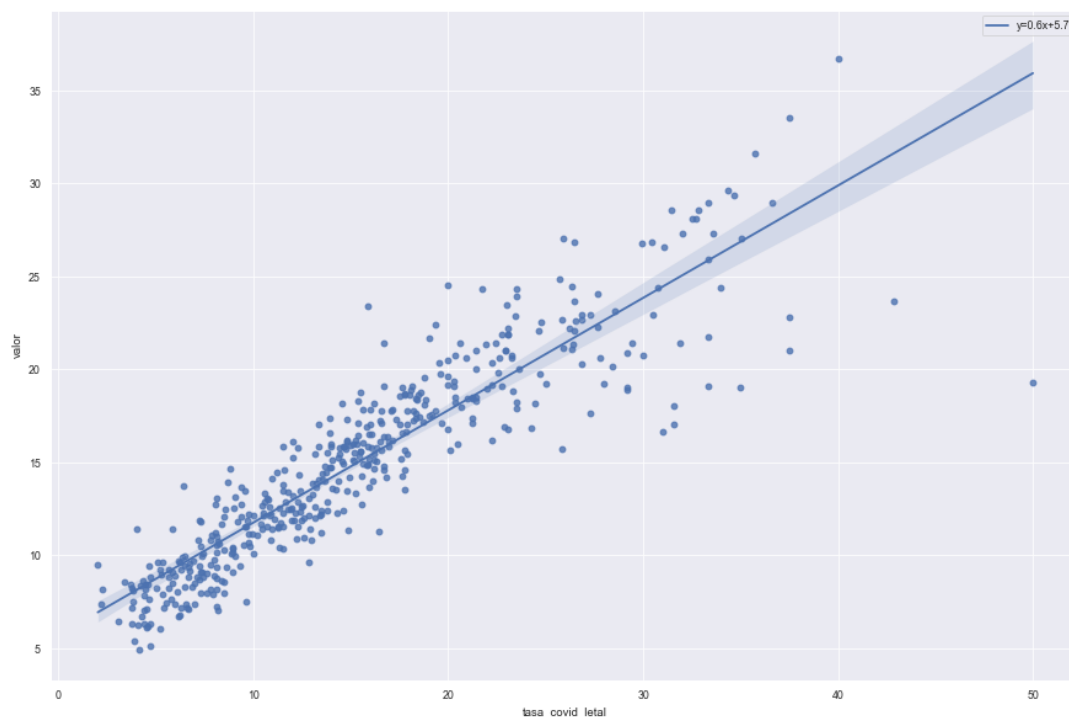


Correlaci[U+FFFDh de Spearman: 0.941

	caracteristica	coef	dia_ajuste	modelo	mediana
0	vnl_2015	0.0769857	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0537434
1	nppv	0.0678018	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0350477
2	farmacias	0.046738	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0711123
3	tasa_diabetes	0.0369008	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0210622
4	tasa_pulmonares	0.0358593	2020-07-01 00:00:00	RF	0.024797
5	sins_15	0.0326104	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0191517
6	vnr_2015	0.0324976	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0221137
7	ic_ali	0.0306358	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0251929
8	vna_2015	0.0280016	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0275097
9	ne614_015	0.0275513	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0237626
10	consultori	0.0269771	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0237511
11	total_camras_publicos	0.0263197	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0121182
12	tasa_cancer	0.0263036	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0291333
13	total_camras	0.0262691	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0125348
14	vns_2015	0.0262101	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0237942
15	tasa_cardiacas	0.0250933	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0171664
16	vnd_2015	0.0242523	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0199611
17	vul_car	0.0241519	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0214613
18	vpt_2015	0.0211005	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0188518
19	bi_2015	0.0202741	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0233237
20	ic_cv	0.0199379	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0172629
21	ic_asalud	0.0199114	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0145589
22	carencias	0.0195548	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0273853
23	pobreza_m	0.0192206	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0249689
24	plbm	0.0186866	2020-07-01 00:00:00	RF	0.014543

	caracteristica	coef	dia_ajuste	modelo	mediana
25	hospitales_privados	0.0179235	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0195269
26	vul_ing	0.0171623	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0142465
27	vne_2015	0.0162565	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0217543
28	porc_carencia_salud	0.0161233	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0180799
29	consulta_1	0.0151425	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0150154
30	ic_segsoc	0.0147488	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0146696
31	pobreza_e	0.014266	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0123229
32	ic_rezedu	0.0140493	2020-07-01 00:00:00	RF	0.018595
33	plb	0.0139094	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0115229
34	ic_sbv	0.0129278	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0122901
35	an_2015	0.0127607	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0233834
36	pobreza	0.0121178	2020-07-01 00:00:00	RF	0.012326
37	carencias3	0.0117176	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0117826
38	total_de_camas_privados	0.0111087	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0124936
39	hospitales_ssa	0.0106138	2020-07-01 00:00:00	RF	0.00459464
40	lmex_2015	0.00948217	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0118452
41	irs_2015	0.00696939	2020-07-01 00:00:00	RF	0.0116715
42	total_hospitales_publicos	0.00462954	2020-07-01 00:00:00	RF	0.00379636
43	hospitales_pemex	0.00343242	2020-07-01 00:00:00	RF	0.00201185
44	hospitales_imss	0.00189082	2020-07-01 00:00:00	RF	0.00225627
45	hospitales_sme	0.00148494	2020-07-01 00:00:00	RF	0.00134506
46	hospitales_issste	0.000647166	2020-07-01 00:00:00	RF	0.00099812
47	hospitales_semar	0.000435049	2020-07-01 00:00:00	RF	0.000502896
48	hospitales_sedena	0.000355317	2020-07-01 00:00:00	RF	0.000478448

5.4.4. Correlación entre vulnerabilidad RF y letalidad en el futuro



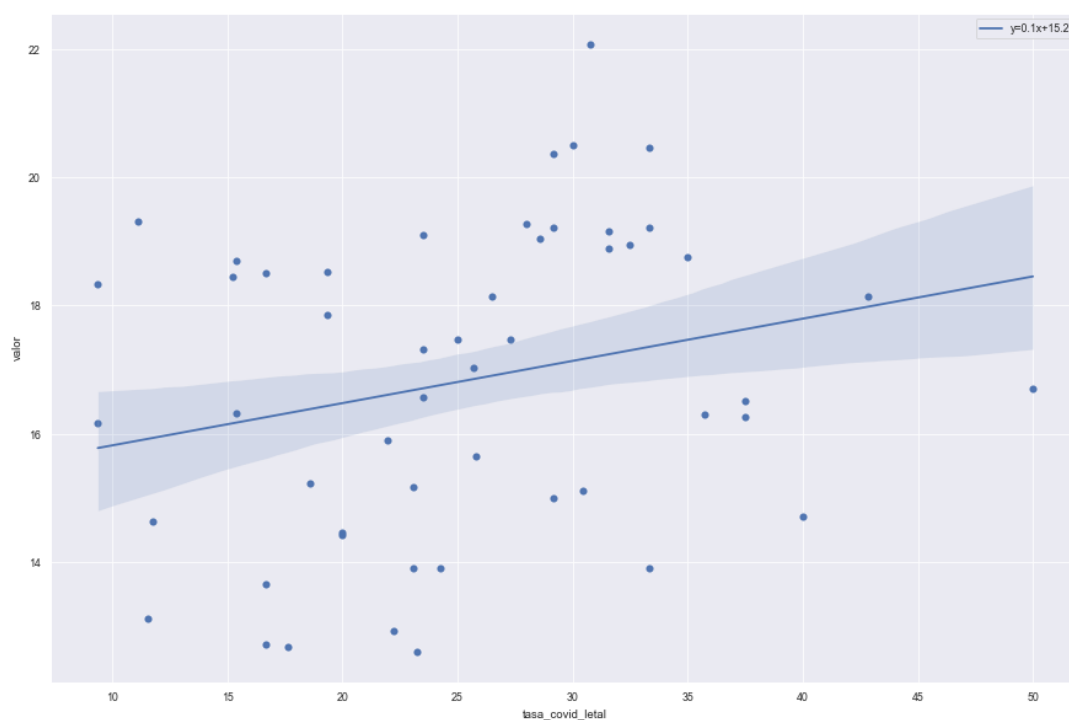
Correlaci[U+FFFD] de Spearman: 0.943

¿Qué tan bien califica los municipios que no estuvieron en el ajuste del RF comparando con el futuro? Es decir los que no tenían más de 20 casos en el ajuste.

5.4.5. Evaluación con municipios fuera del ajuste en el futuro

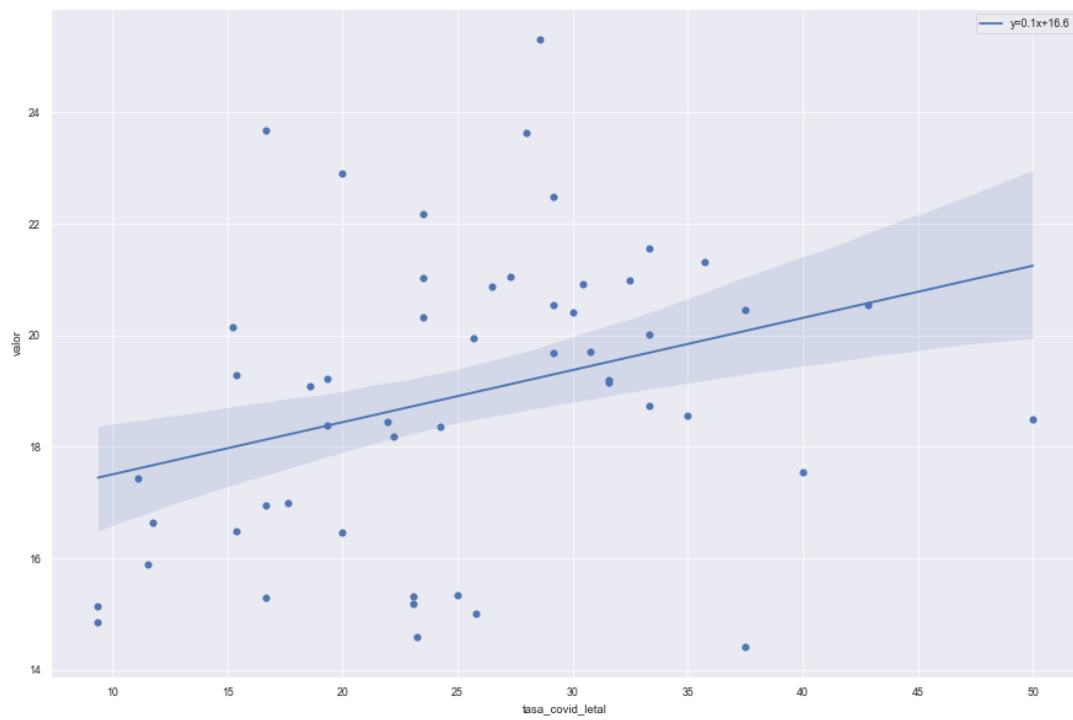
En esta evaluación eliminamos del conjunto de prueba (datos del 08/07/20) todos los municipios que se usaron para el ajuste del 15/06/20

5.4.5.1. PLS Correlación entre el modelo de vulnerabilidad ajustado el 15/06/2020 y la letalidad del 08/07/20



Correlaci[U+FFFD] de Spearman: 0.289

5.4.5.2. Random Forest Correlación entre el modelo de vulnerabilidad ajustado el 01/06/2020 y la letalidad del 01/07/20



Correlaci[U+FFFD] de Spearman: 0.372