



Seminario sobre Desagregación de Datos mediante
Técnicas de Estimación de Áreas Pequeñas en México

Percepción de inseguridad en los municipios de México

Estimaciones en Áreas Pequeñas

DGEGSPJ – DGAENGSPJ – DMIG

28 de noviembre, 2023



<<Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre.>>

Físico y matemático británico William Thomson Kelvin (1824 -1907)

Índice



El mejor estimador lineal insesgado empírico (EBLUP).

El mejor estimador lineal insesgado empírico espacial (SEBLUP).

Motivación



16.1.1

Número de defunciones por homicidio por cada 100 000 habitantes, desglosado por sexo y edad.

16.1.4

Proporción de la población que se siente segura al caminar sola por la noche en su zona de residencia.

Indicadores

16n.1.1

Prevalencia delictiva en personas de 18 años y más.

16.3.1

Proporción de víctimas de violencia en los últimos 12 meses que han notificado su victimización a las autoridades competentes u otros mecanismos de resolución de conflictos reconocidos oficialmente.



Objetivos de Desarrollo Sostenible



16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas

Motivación

- Existe una preocupación creciente en la sociedad y en los gobiernos locales por comprender la situación general que existe en su entorno en términos de seguridad.
- Un elemento primordial para lograr esta comprensión es la **percepción de inseguridad**
 - Mide el número de personas que experimentan miedo a ser víctima de un delito.
 - Surge de situaciones de pérdida de control, de cohesión social, descuido político y desconfianza en el sistema policial / judicial.
 - Inhibe la participación ciudadana como denunciante o testigo, aumentando la cifra oculta del delito.
- Conocer la percepción de inseguridad de la población permite diseñar, monitorear y evaluar políticas de seguridad, además de ser una medida de suma importancia en la toma de decisiones de políticas públicas.

Motivación - Necesidades de información

Pese a la cantidad de encuestas en la materia que se disponen en México, los gobiernos locales han incrementado la demanda de información confiable a niveles de desagregación mayores a los definidos en las encuestas como:

- Municipal.
- Sectores al interior de cada municipio.
- Zonas geográficas delimitadas.

Específicamente para una de las encuestas en la materia, derivado de estas necesidades, en 2022 el INEGI suscribió 3 convenios de colaboración con gobiernos locales (Torreón, Coahuila; Monterrey, Nuevo León; Chihuahua, Chihuahua) que permitieron ampliar el tamaño de muestra y arrojar resultados por sectores al interior de cada municipio. Para 2023, para 2 de esos gobiernos locales (Torreón, Coahuila y Monterrey, Nuevo León) se mantuvo la colaboración y se sumó un tercer gobierno local (Guadalajara, Jalisco). Asimismo, en 2023 se ha analizado la necesidad de inclusión de 2 municipios más (Gómez Palacio, Durango y San Cristóbal de Las Casas, Chiapas).

Al momento, se está realizando un análisis interno con el fin de prever y aminorar las necesidades de información a través de la construcción de modelos basados en técnicas de estimación en áreas pequeñas.



Objetivo



Objetivo

Generar información del porcentaje de la población de 18 años y más que percibe inseguridad en cada uno de los 2,469 municipios de México registrados en el Censo de Población y Vivienda 2020 (CPV 2020) haciendo uso de técnicas de Estimación en Áreas Pequeñas.

Desarrollo



Estimación en Áreas Pequeñas – EBLUP– SEBLUP

- Estimador indirecto
- Basado en modelos
- A nivel de área

El mejor estimador lineal insesgado empírico (EBLUP)

EBLUP basado en el modelo de Fay-Herriot

$$\hat{\delta}_d^{FH} = \hat{\gamma}_d \hat{\delta}_d^{DIR} + (1 - \hat{\gamma}_d) \mathbf{x}'_d \hat{\beta}$$
$$\text{con } \hat{\gamma}_d = \frac{\hat{\sigma}_u^2}{\hat{\sigma}_u^2 + \psi_d} \text{ y } \hat{\beta} = (\sum_{d=1}^D \hat{\gamma}_d \mathbf{x}_d \mathbf{x}'_d)^{-1} \sum_{d=1}^D \hat{\gamma}_d \mathbf{x}'_d \hat{\delta}_d^{DIR}$$

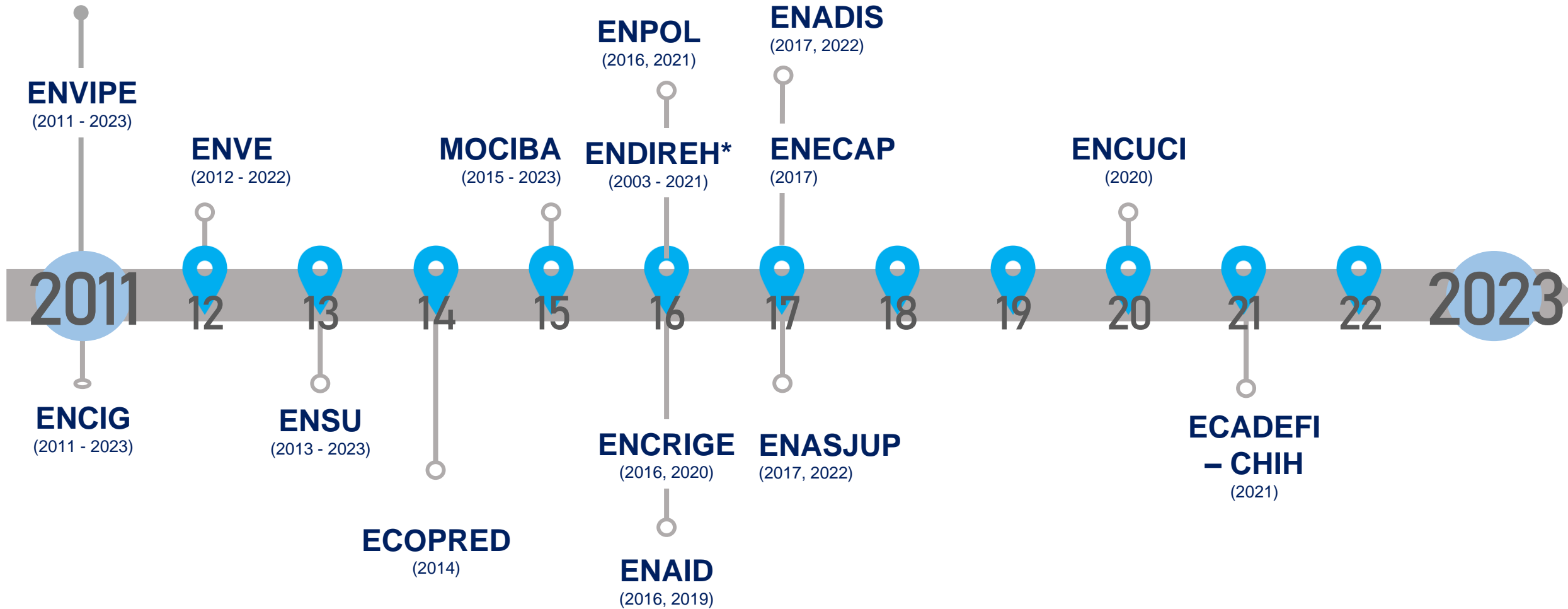
El mejor estimador lineal insesgado empírico espacial (SEBLUP)

SEBLUP basado en el modelo de Fay-Herriot

$$\hat{\delta}^{SFH}(\hat{\omega}) = \hat{\gamma}(\hat{\omega}) \hat{\delta}^{DIR} + (1 - \hat{\gamma}(\hat{\omega})) \mathbf{x} \hat{\beta}(\hat{\omega})$$
$$\text{con } \hat{\gamma}(\hat{\omega}) = \mathbf{G}(\hat{\omega}) \mathbf{V}^{-1}(\hat{\omega}) \text{ y } \hat{\beta}(\hat{\omega}) = (\mathbf{x}^T \mathbf{V}^{-1}(\hat{\omega}) \mathbf{x})^{-1} \mathbf{x}^T \mathbf{V}^{-1}(\hat{\omega}) \hat{\delta}^{DIR}$$

Insumos - Encuestas en la materia

Se realizó el levantamiento de la primera Encuesta Nacional de Gobierno, la ENVIPE

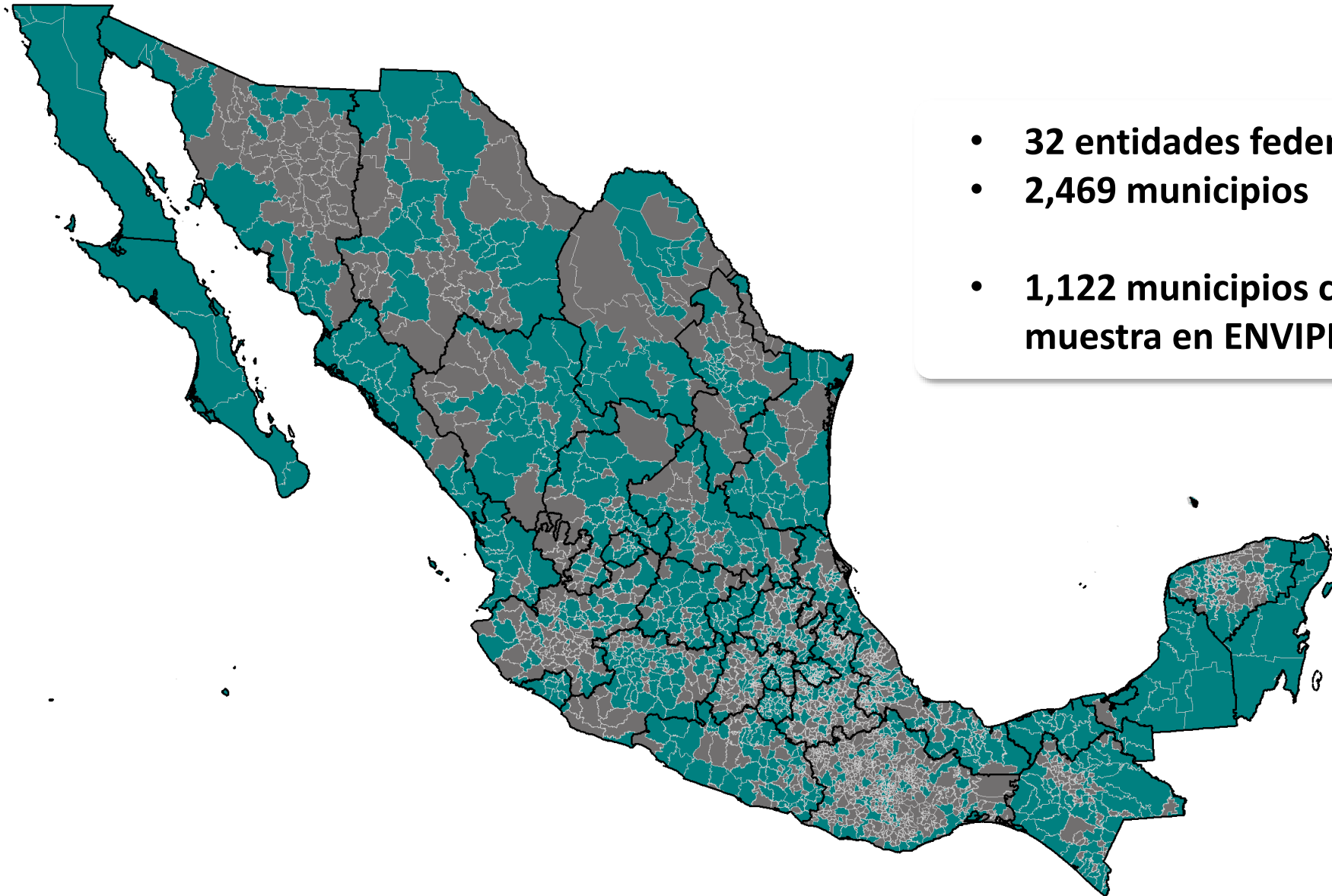


* El primer levantamiento a cargo de la DGEOSPJ se realizó en 2016, pero la ENDIREH tiene dos ejercicios previos (2003 y 2006).

Insumos - Encuestas en la materia - Diseño estadístico

Características	ENVIPE 2021	ENSU I 2021	Censo de Población y Vivienda (CPV) 2020	Registros administrativos Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública
Objetivo general	Estimar el número de víctimas y número de delitos ocurridos, cifra negra, costos de delitos, percepción de inseguridad, grado de confianza y percepción del desempeño de las autoridades de seguridad pública.	Percepción sobre la seguridad pública, atestiguación de conductas delictivas o antisociales, conflictos con conocidos y desconocidos, confianza en autoridades de seguridad pública.		
Periodo de referencia de la información	Enero – diciembre para victimización.	Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre	Marzo de 2020	2020 y primer cuatrimestre de 2021
	Marzo – abril para percepción sobre la seguridad pública y desempeño de las autoridades.			
Selección de la muestra	Probabilístico: trietápico, estratificado y por conglomerados.	Probabilístico: trietápico, estratificado y por conglomerados		
Unidades de observación	Las viviendas seleccionadas, los hogares, los residentes del hogar y la persona seleccionada en el hogar.	Las viviendas seleccionadas, los hogares, los residentes del hogar y la persona seleccionada en el hogar	Las viviendas y los residentes habituales del país.	https://www.gob.mx/sesnsp https://drive.google.com/file/d/1ixW2X70tt0g8gk0izK9aSZEb3yHjeG1a/view
Población objeto de estudio	Población de 18 años y más	Población de 18 años y más		
Tamaño de muestra	102,000 viviendas	27 000 viviendas		
Periodo de levantamiento	Marzo - abril	01 al 15 de marzo, junio, septiembre y diciembre	Marzo 2020	
Cobertura geográfica	A nivel Nacional, Nacional urbano, Nacional rural, Entidad Federativa y 34 Áreas Metropolitanas de interés	85 ciudades de interés	2,469 municipios con que contaba México en marzo de 2020	2,469 municipios

Municipios de México en muestra de la ENVIPE 2021



Estimaciones directas

Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública 2021 (ENVIPE 2021)



Unidades Primarias de Muestreo



Estratos



$$FAC_ELE_ajust_{ki} = FAC_ELE_{ki} \frac{N_{CPV2020}}{\hat{N}_{ENVIPE}}$$



1,122 municipios con muestra



468 municipios con una única UPM



$FAC_ELE_ajust_{ki}$: factor de expansión del seleccionado i ajustado a la población del CPV 2020 del municipio k .



FAC_ELE_{ki} : factor de expansión original del seleccionado i en el municipio k .



$N_{CPV2020}$: número de personas de 18 años y más dado por el CPV 2020 en el municipio k .



\hat{N}_{ENVIPE} : número de personas de 18 años y más estimado por la ENVIPE 2021 en el municipio k .

Variables auxiliares potenciales

Población ocupada

Población de mujeres

Población de hombres

Población de 60 años y más

Población de 18 años y más con escolaridad posbásica

Población que cambió de residencia debido a la delincuencia.

Densidad poblacional

Incidencia delictiva en 2020 y primer cuatrimestre de 2021

Índice de marginación

Coefficiente de Gini

Población residente en ámbito urbano

Población residente en ámbito rural.

VARIABLES AUXILIARES SELECCIONADAS

■ Censo de Población y Vivienda 2020

- Población ocupada
- Población de mujeres
- Densidad poblacional

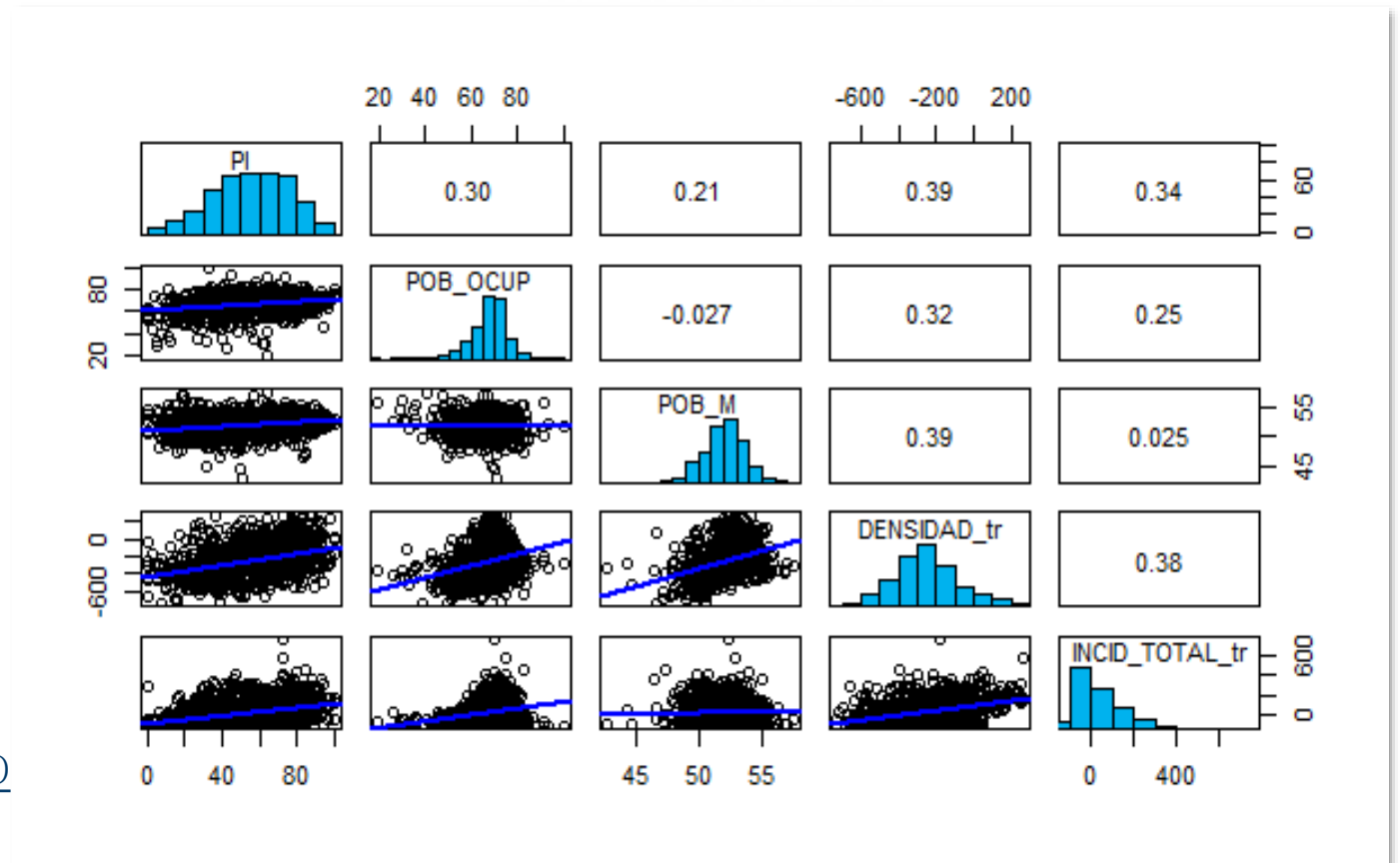
$$DENSIDAD_{tr} = \log \left(\frac{DENSIDAD}{\sigma_{DENSIDAD}} \right)$$

■ Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública

- Incidencia delictiva en 2020 y primer cuatrimestre de 2021

$$INCID_{TOTAL}_{tr} = \frac{INCID_{TOTAL} - (\mu_{INCID_{TOTAL}})}{(\sigma_{INCID_{TOTAL}})}$$

Correlación entre Percepción de Inseguridad y las variables auxiliares seleccionadas



Construcción del modelo

1,122 municipios
con muestra en
ENVIPE 2021



eblupFH
sae en R



- Valores inconsistentes de fallas en el modelado
- Incumplimiento de supuestos



Detección de valores atípicos mediante la distancia robusta de Mahalanobis

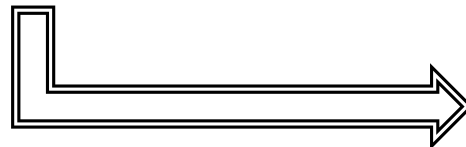


eblupFH
sae en R



Pruebas

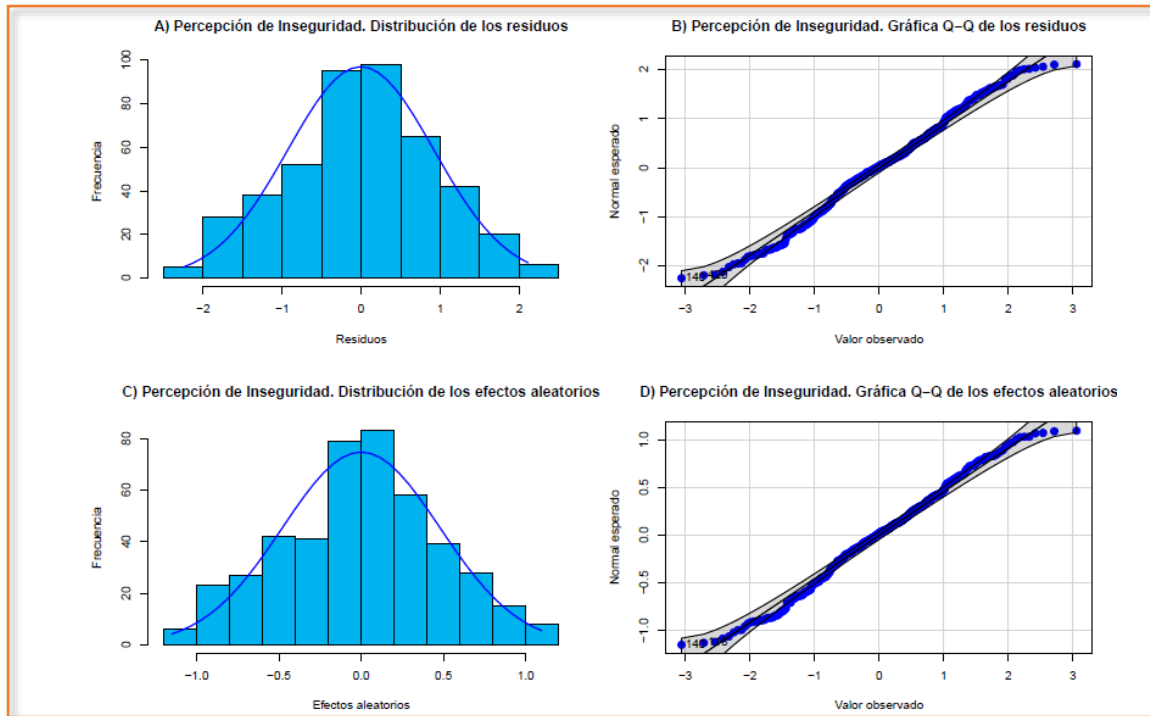
- *Normalidad*
- *Homocedasticidad*
- *Multicolinealidad*



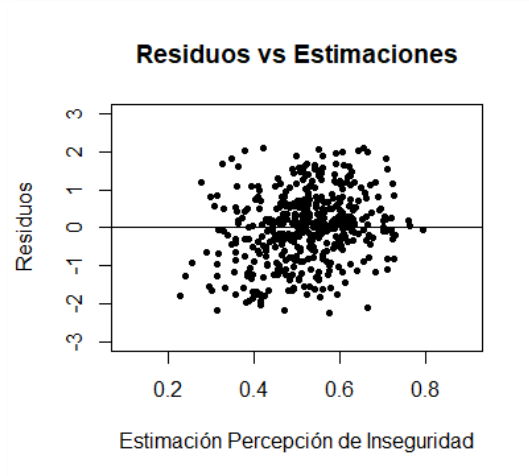
449
municipios

Pruebas de los supuestos del modelo (EBLUP) para los 449 municipios

Prueba gráfica de Normalidad



Prueba gráfica de Homocedasticidad de residuos



Pruebas analíticas

	Prueba	EBLUP
Normalidad de Residuos	Shapiro-Wilks (p-valor)	0.008
	Kolmogorov-Smirnov (p-valor)	0.042
	Jarque-Bera (p-valor)	0.248
Normalidad de Efectos Aleatorios	Shapiro-Wilks (p-valor)	0.016
	Kolmogorov-Smirnov (p-valor)	0.315
	Jarque-Bera (p-valor)	0.181
Homocedasticidad de Residuos	Breusch-Pagan (p-valor)	0.021
	Harrison-McCabe (p-valor)	0.155
	Goldfeld-Quandt (p-valor)	0.150
Multicolinealidad	Índice de condición (CI)	11.09

Estimaciones mediante EBLUP

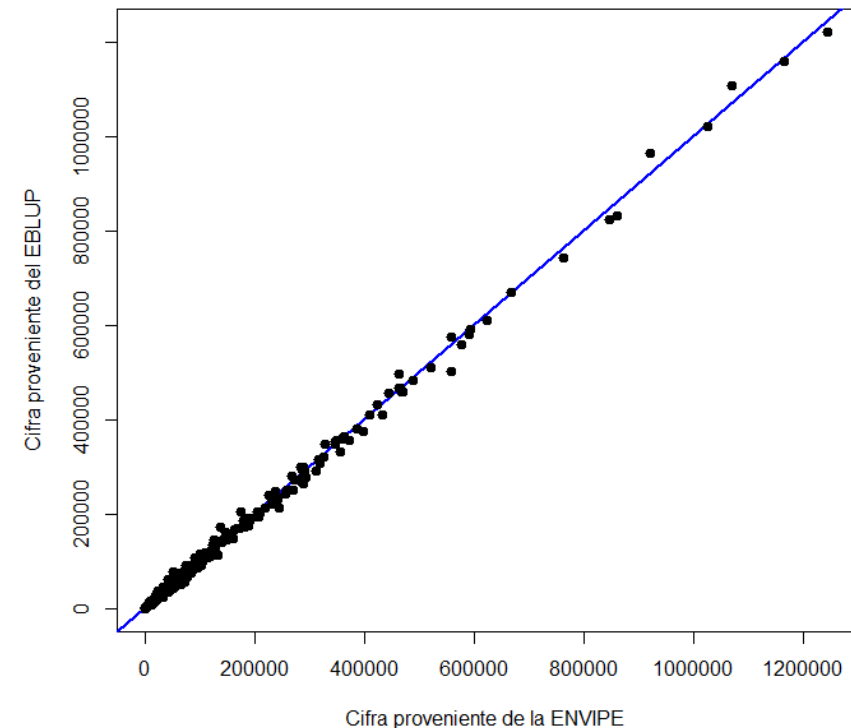
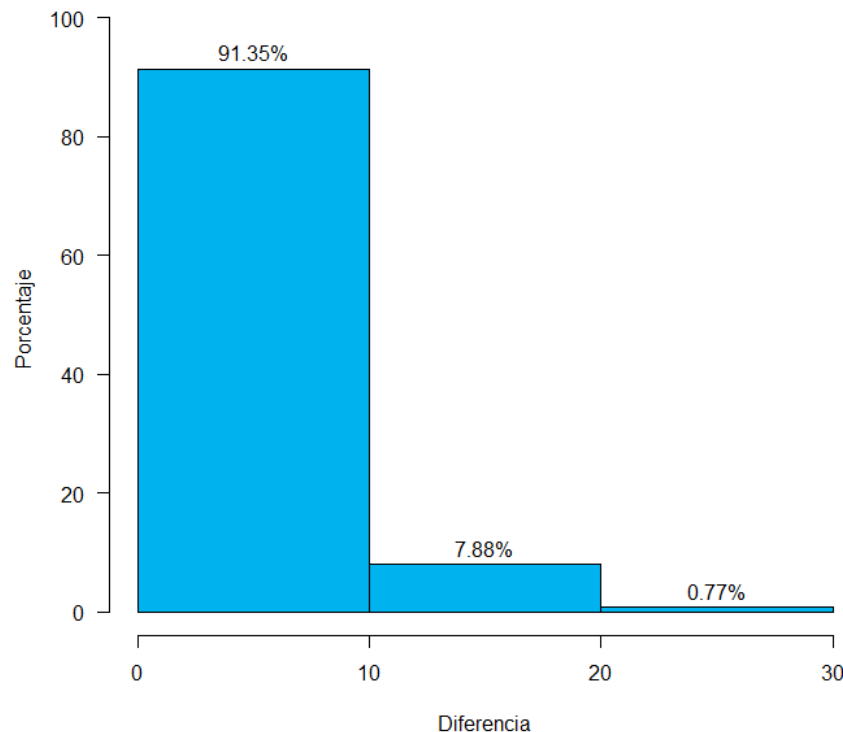
2,469 municipios en México

- ✓ 1,122 con muestra en ENVIPE 2021
 - 449 seleccionados → EBLUP (*eblupFH*)
 - 673 no seleccionados → EBLUP (con los parámetros dados por los 449)
- ✓ 1,347 restantes → estimador sintético de regresión

Ajuste Proporcional Iterativo

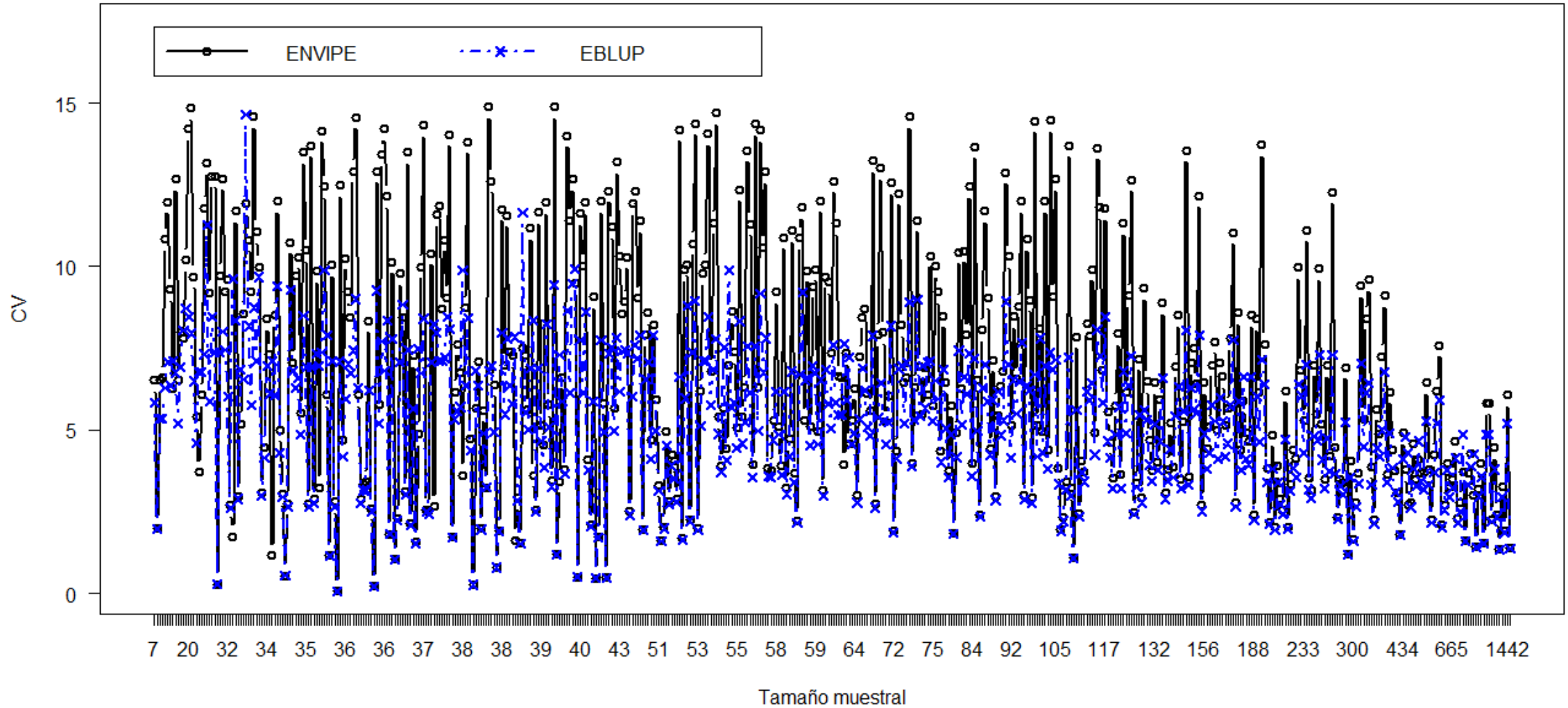
EBLUP vs ENVIPE 2021

Se consideran 520 municipios con muestra en ENVIPE 2021, más de una UPM y CV < 15%



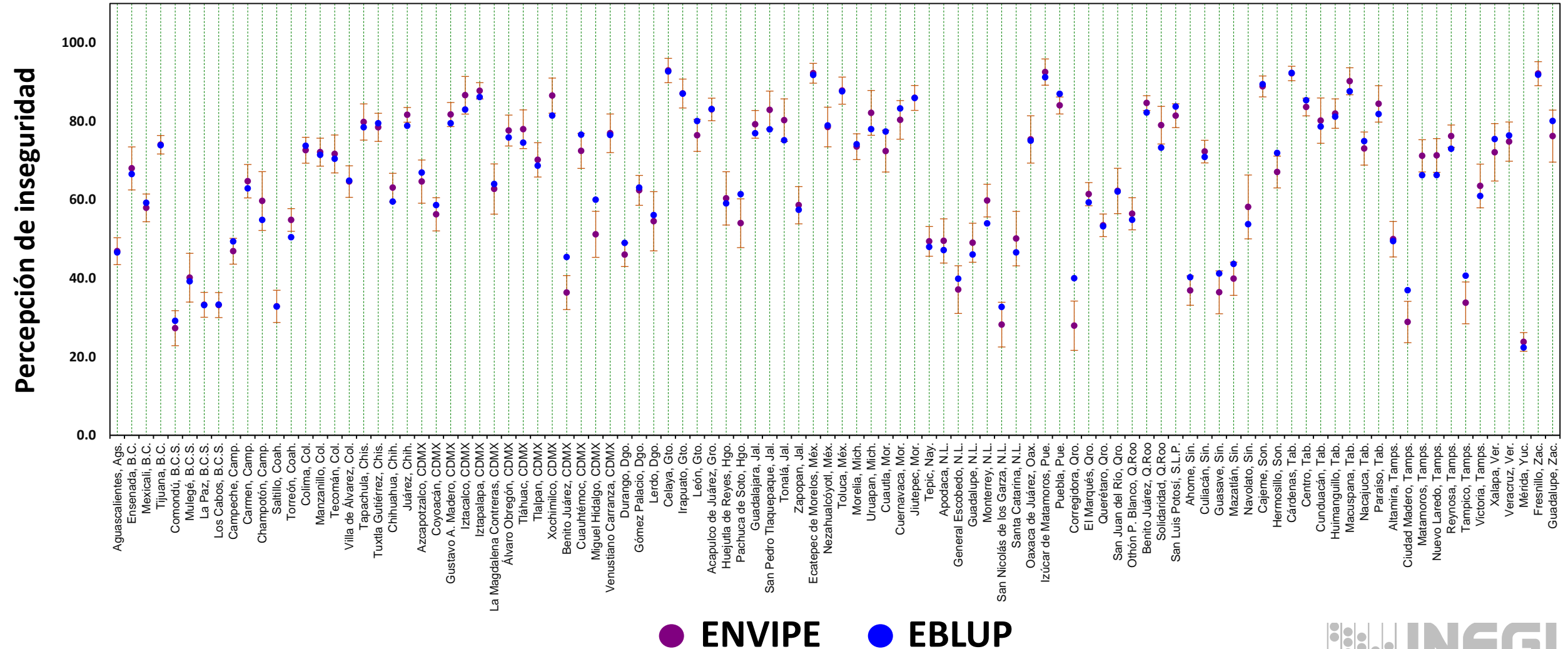
Validación EBLUP – ENVIPE

Coefficientes de variación dados por ENVIPE 2021 y EBLUP



Validación EBLUP – ENVIPE

Estimaciones generadas por EBLUP e intervalos de confianza dados por ENVIPE 2021

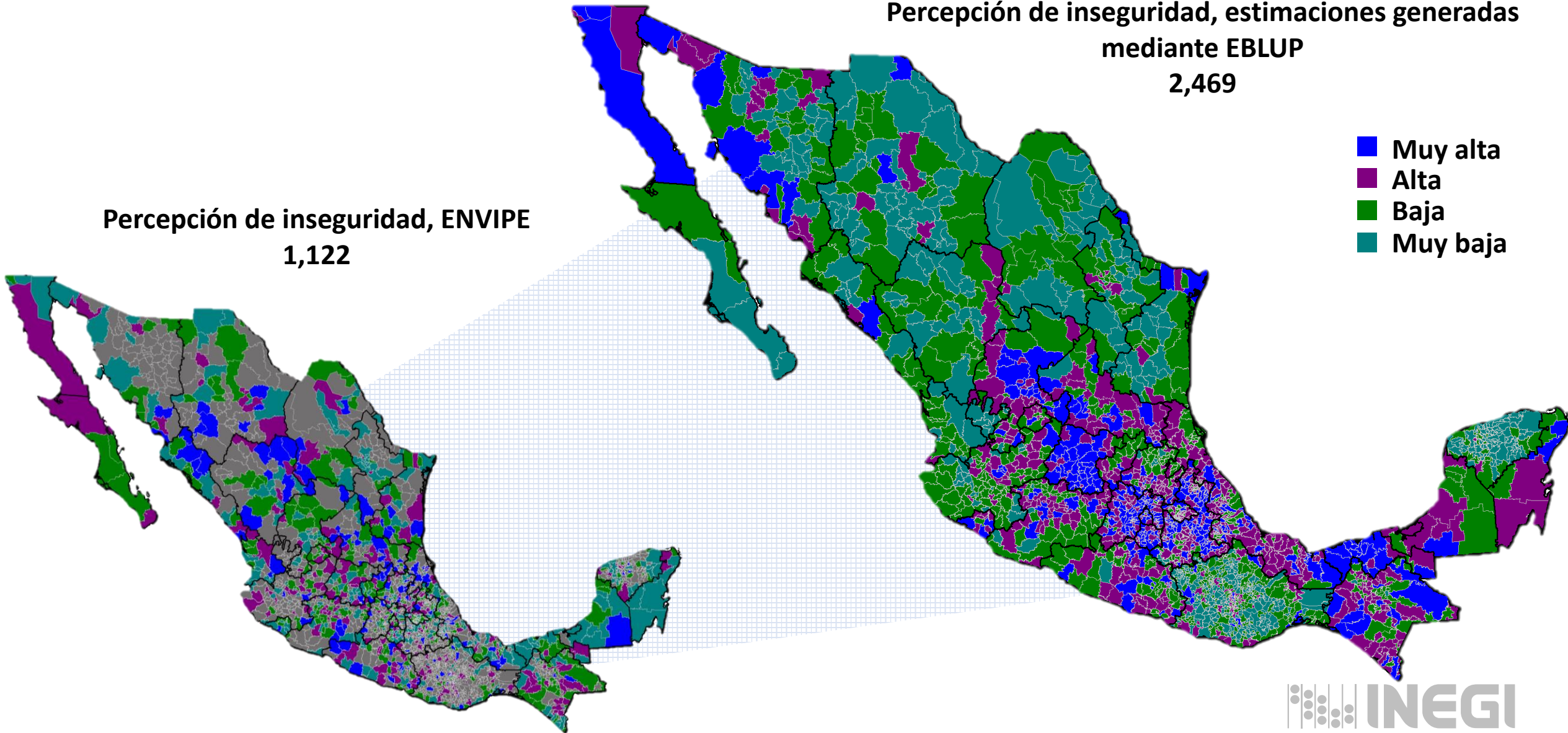


Estimaciones mediante EBLUP

Percepción de inseguridad, estimaciones generadas mediante EBLUP
2,469

Percepción de inseguridad, ENVIPE
1,122

- Muy alta
- Alta
- Baja
- Muy baja



Estimaciones mediante SEBLUP

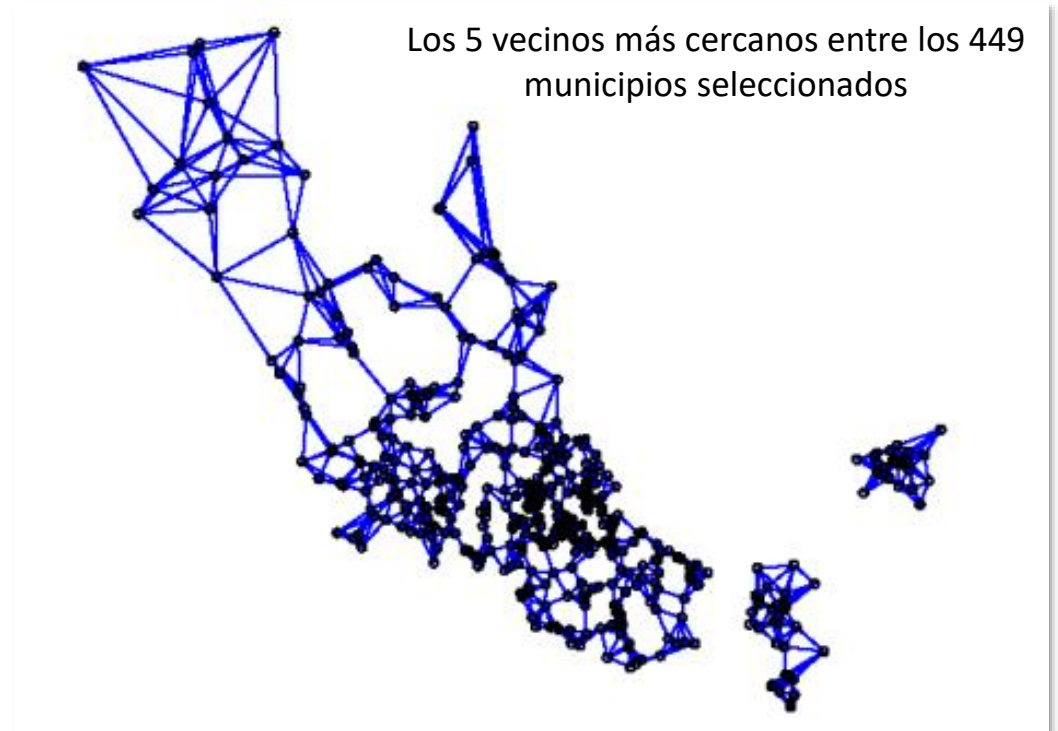
Matriz de distancias W

- Cabeceras municipales
- Distancias euclidianas
- 5 vecinos más cercanos

2,469 municipios en México

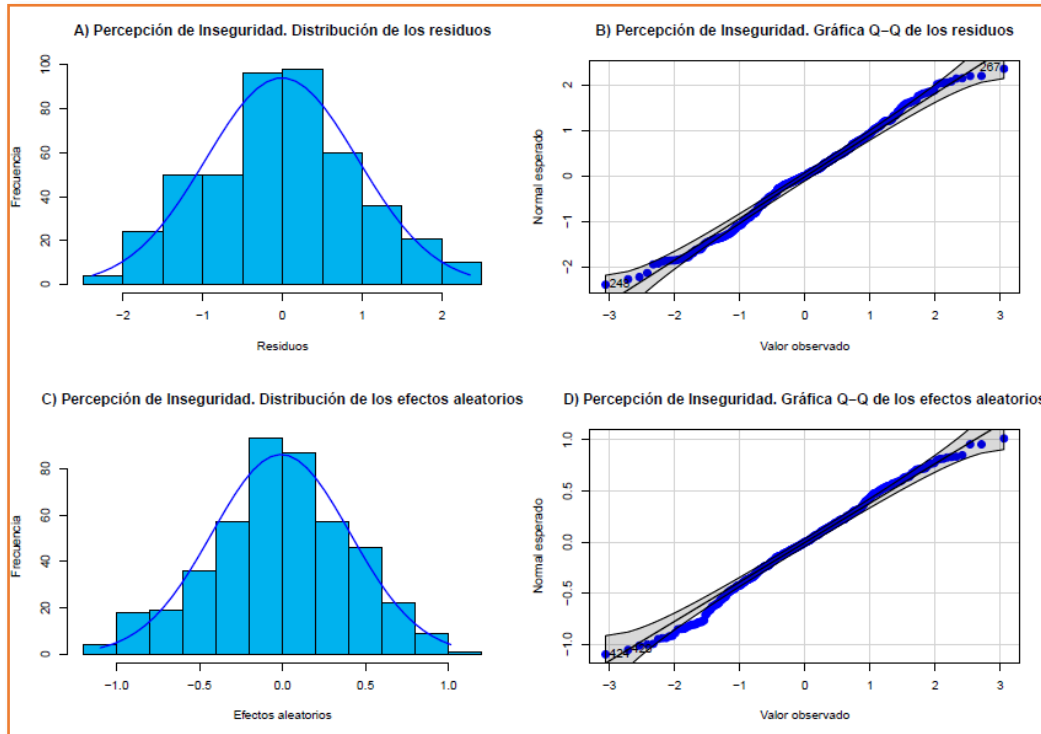
- ✓ 1,122 con muestra en ENVIPE 2021
 - 449 seleccionados → SEBLUP (*eblupSFH*)
 - 673 no seleccionados → EBLUP (con los parámetros dados por los 449)
- ✓ 1,347 restantes → estimador sintético de regresión

Ajuste Proporcional Iterativo

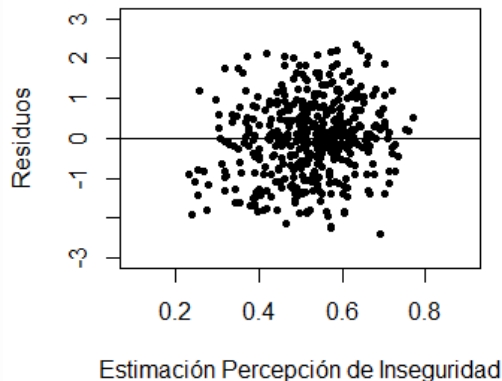


Pruebas de los supuestos del modelo (SEBLUP) para los 449 municipios

Prueba gráfica de Normalidad



Residuos vs Estimaciones



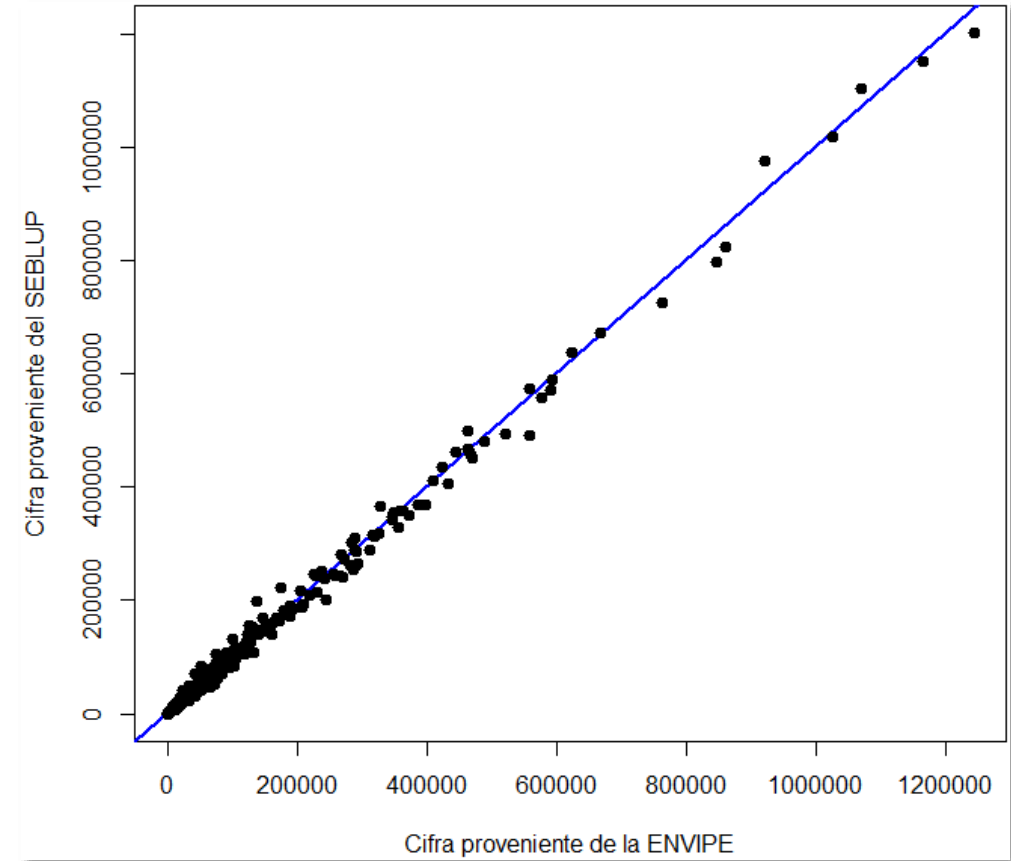
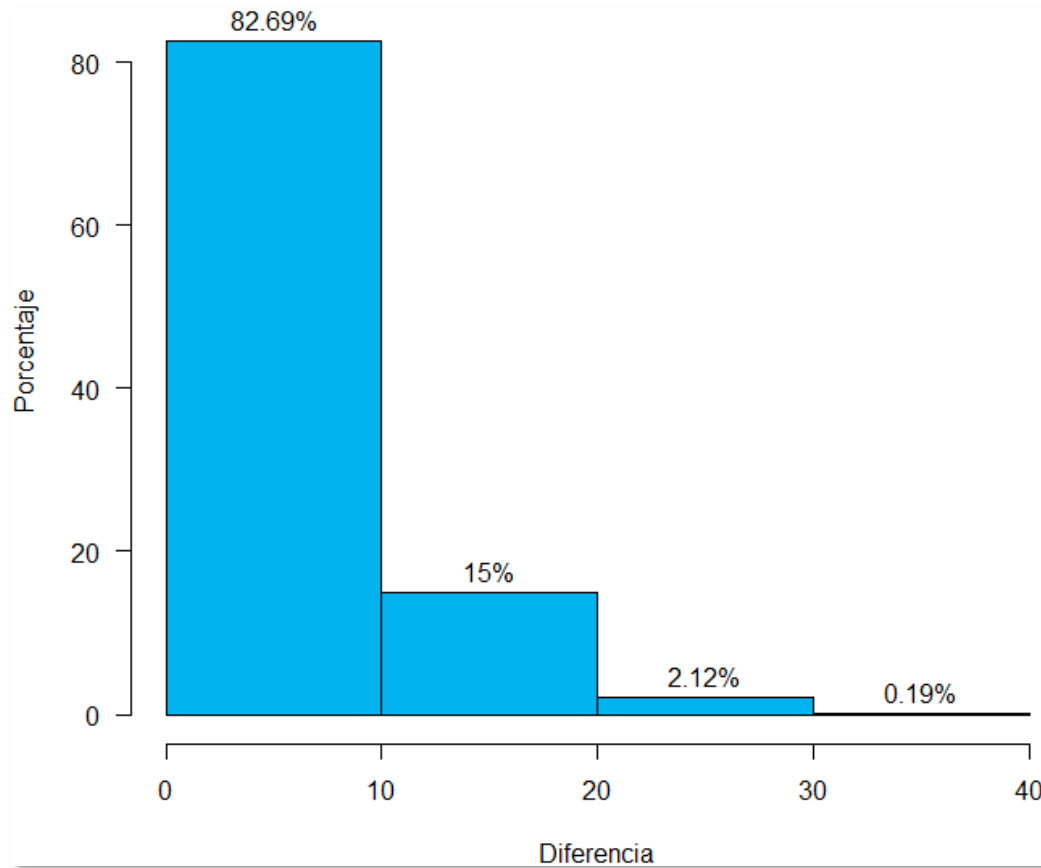
Prueba gráfica de Homocedasticidad de residuos

Pruebas analíticas

	Prueba	SEBLUP
Normalidad de Residuos	Shapiro-Wilks (p-valor)	0.016
	Kolmogorov-Smirnov (p-valor)	0.010
	Jarque-Bera (p-valor)	0.273
Normalidad de Efectos Aleatorios	Shapiro-Wilks (p-valor)	0.033
	Kolmogorov-Smirnov (p-valor)	0.111
	Jarque-Bera (p-valor)	0.217
Homocedasticidad de Residuos	Breusch-Pagan (p-valor)	0.213
	Harrison-McCabe (p-valor)	0.118
	Goldfeld-Quandt (p-valor)	0.109
Multicolinealidad	Índice de condición (CI)	11.099
Correlación espacial	Índice de Moran	0.272

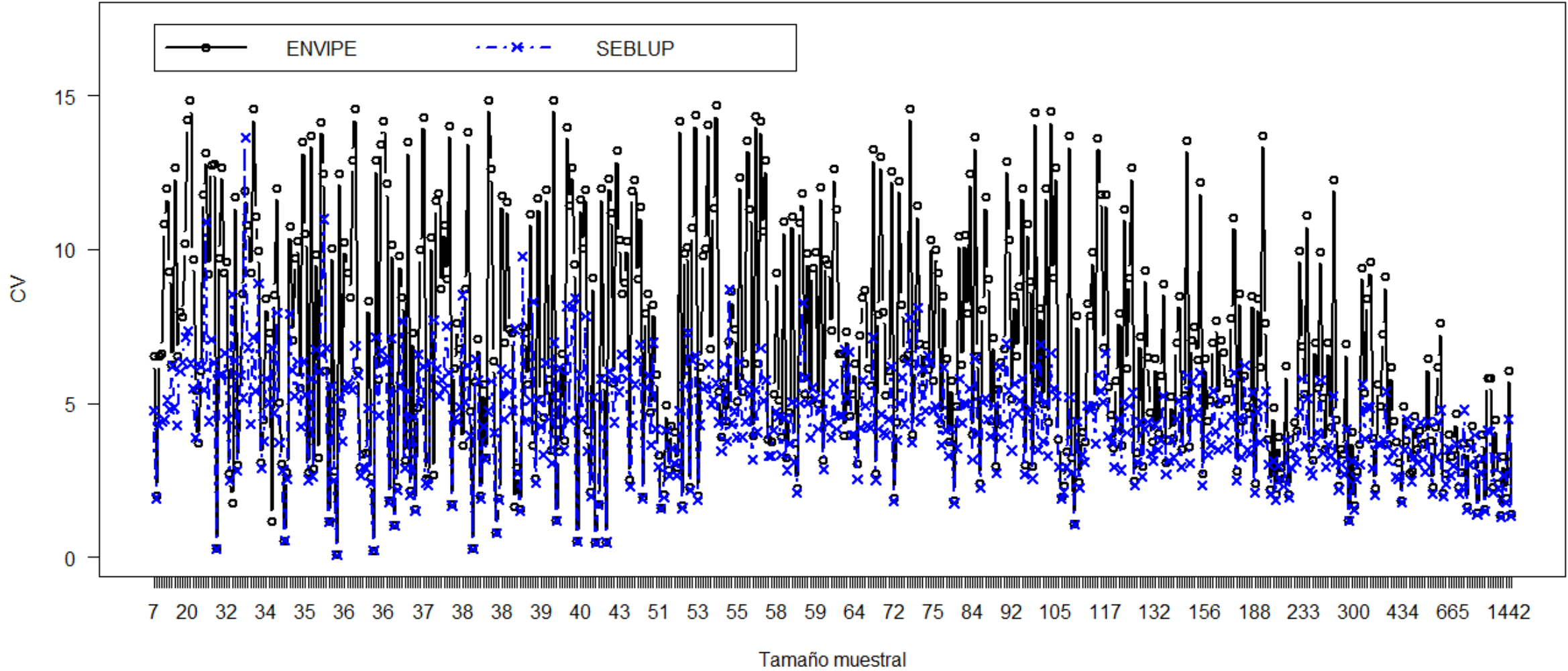
Validación SEBLUP – ENVIPE

(520 municipios)



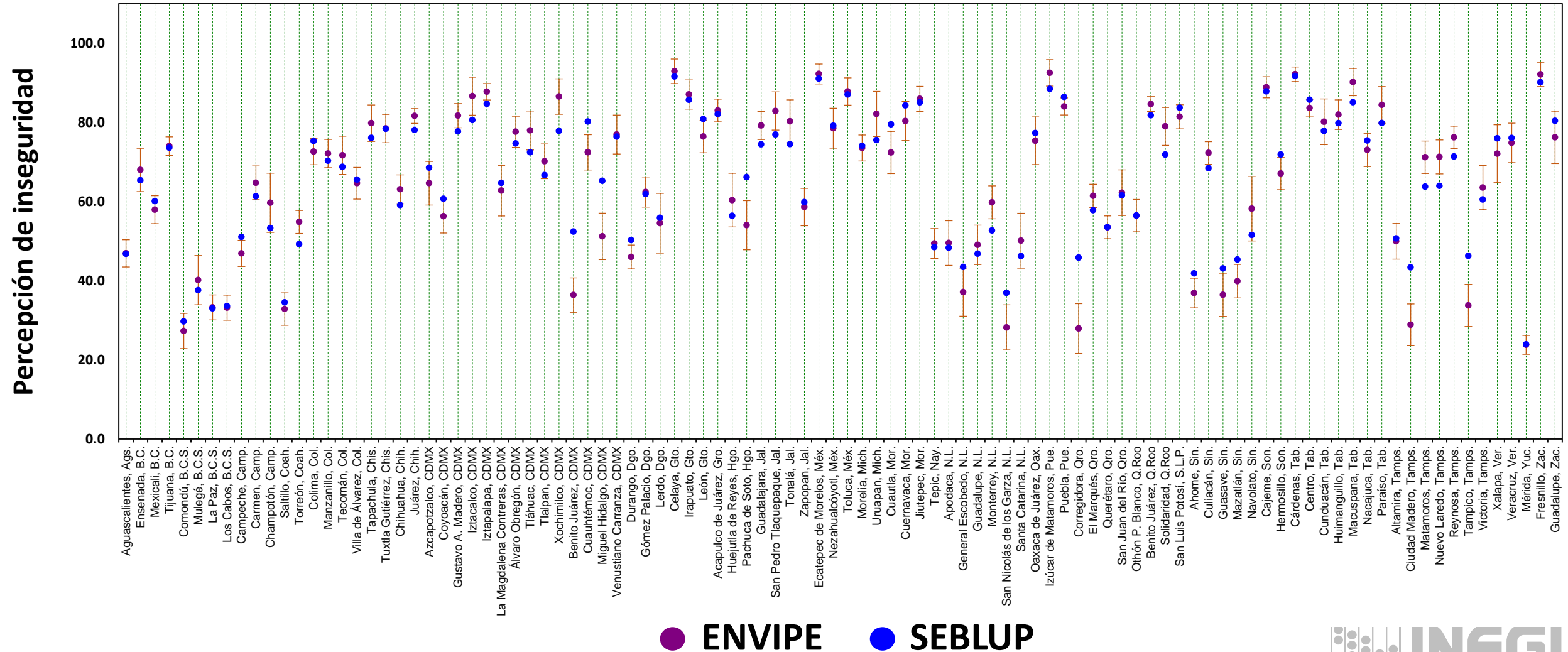
Validación SEBLUP – ENVIPE

Coeficientes de variación dados por ENVIPE 2021 y SEBLUP



Validación SEBLUP – ENVIPE

Estimaciones generadas por SEBLUP e intervalos de confianza dados por ENVIPE 2021

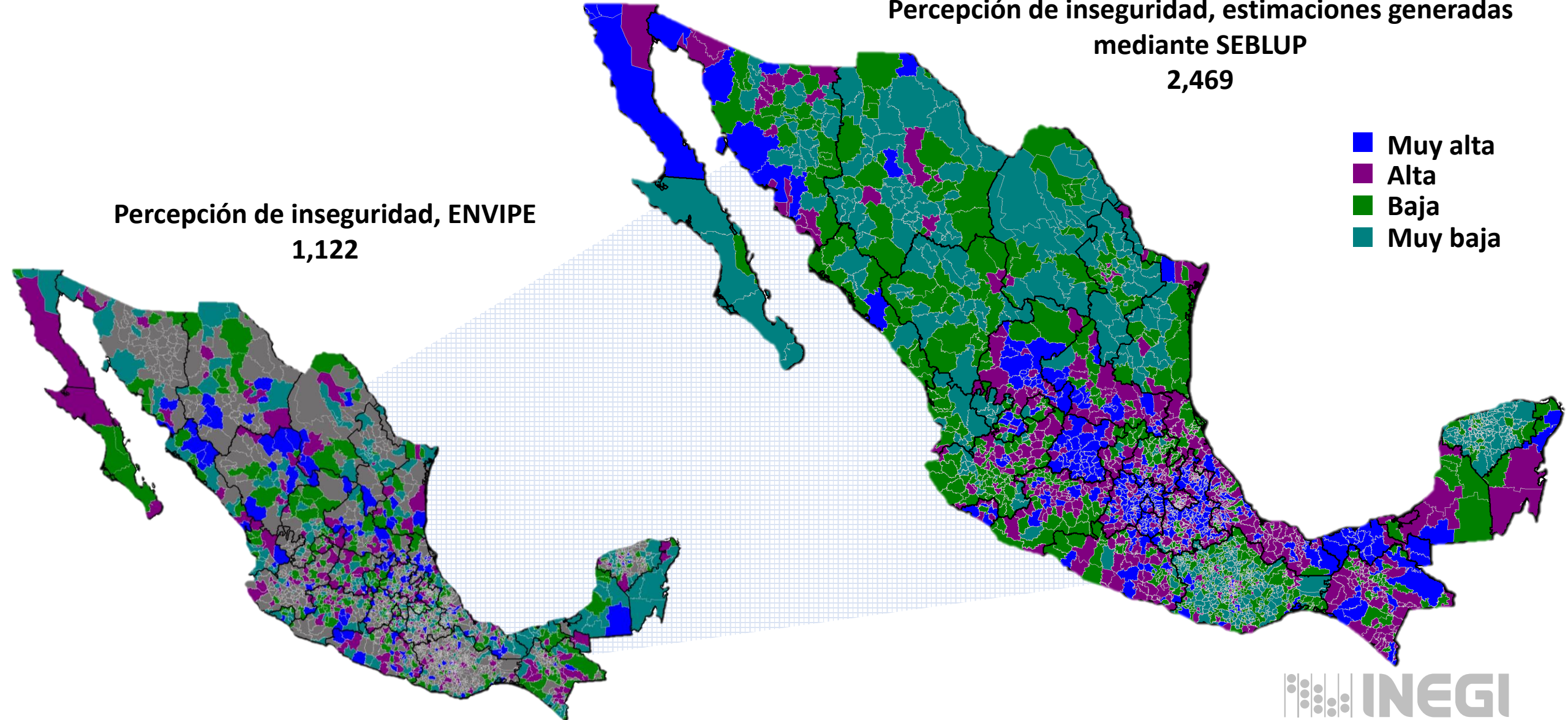



Estimaciones mediante SEBLUP

Percepción de inseguridad, estimaciones generadas mediante SEBLUP
2,469

Percepción de inseguridad, ENVIPE
1,122

- Muy alta
- Alta
- Baja
- Muy baja





Validación ENSU I - 2021



Validación ENSU I - 2021

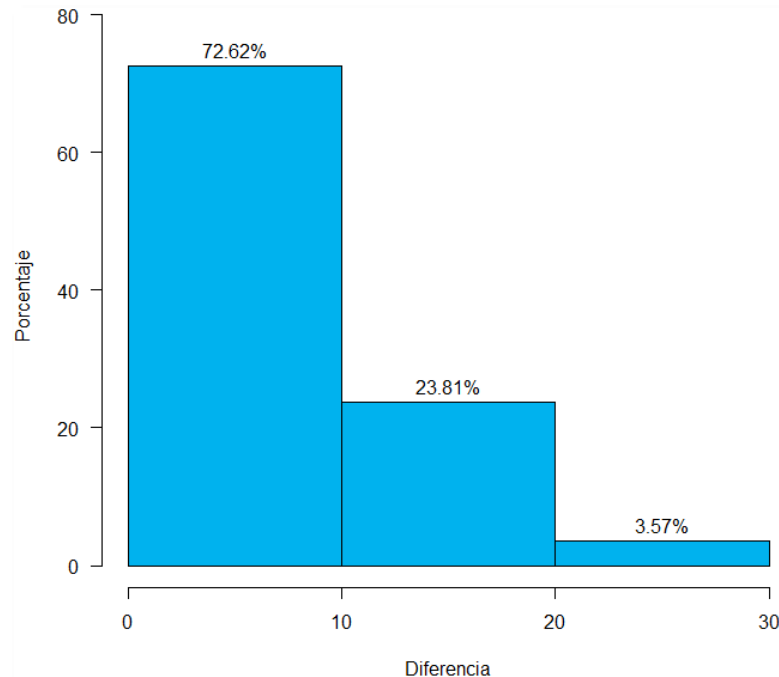
Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana – Primer trimestre 2021

- Encuesta trimestral
- Representatividad a nivel nacional urbano
- Mide la percepción de inseguridad en 84 zonas urbanas de interés
- Independiente de la ENVIPE

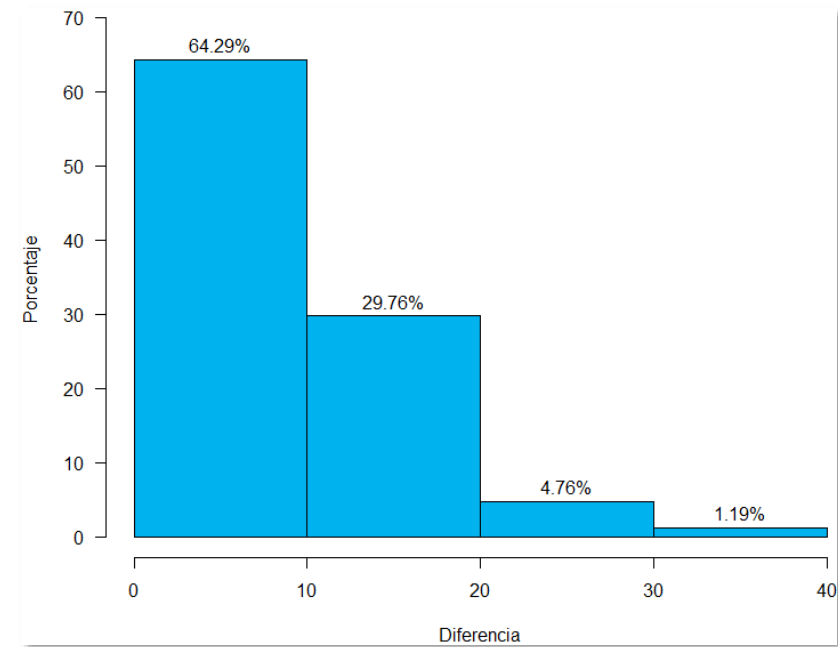
EBLUP y SEBLUP vs
ENSU I-2021

**Se consideran los 84
municipios en los que se
localizan las áreas
urbanas de interés**

EBLUP vs ENSU I-2021

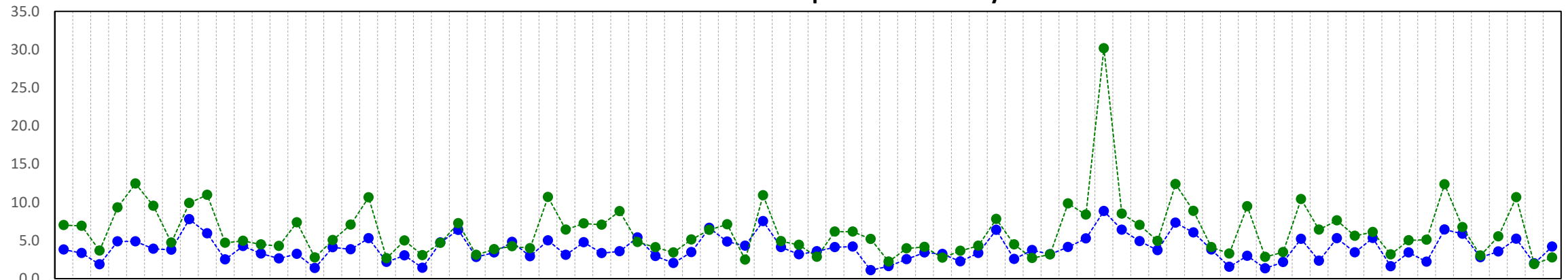


SEBLUP vs ENSU I-2021

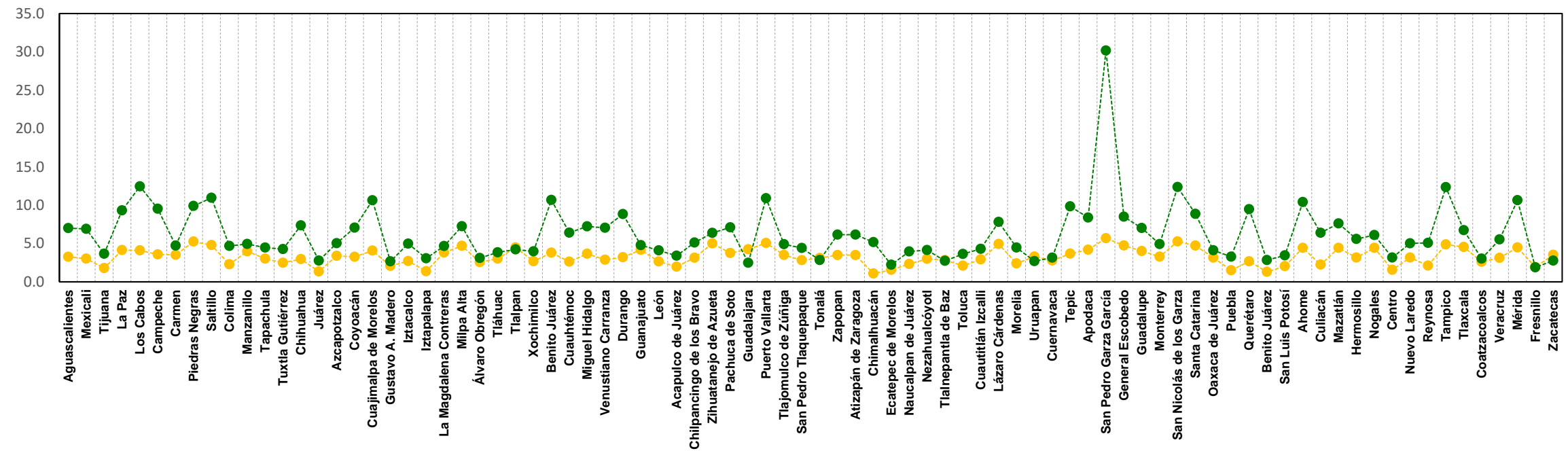


Validación con ENSU I - 2021

Coeficientes de variación dados por ENSU I-2021 y EBLUP



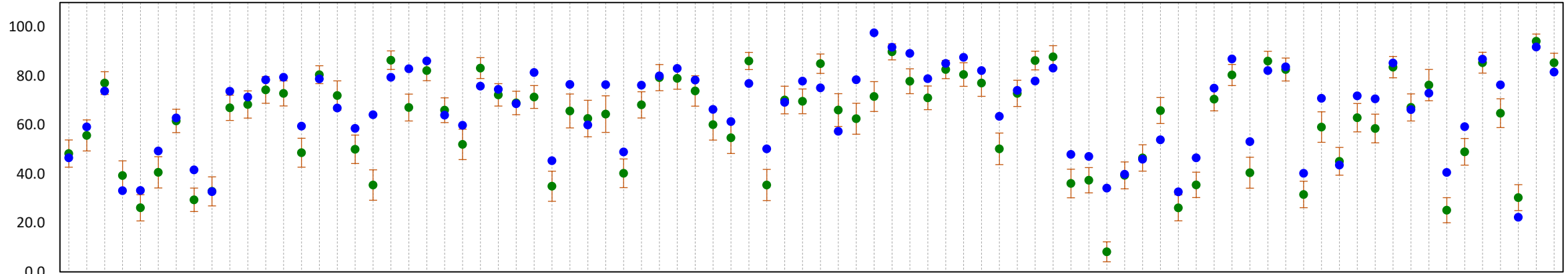
Coeficientes de variación dados por ENSU I-2021 y SEBLUP



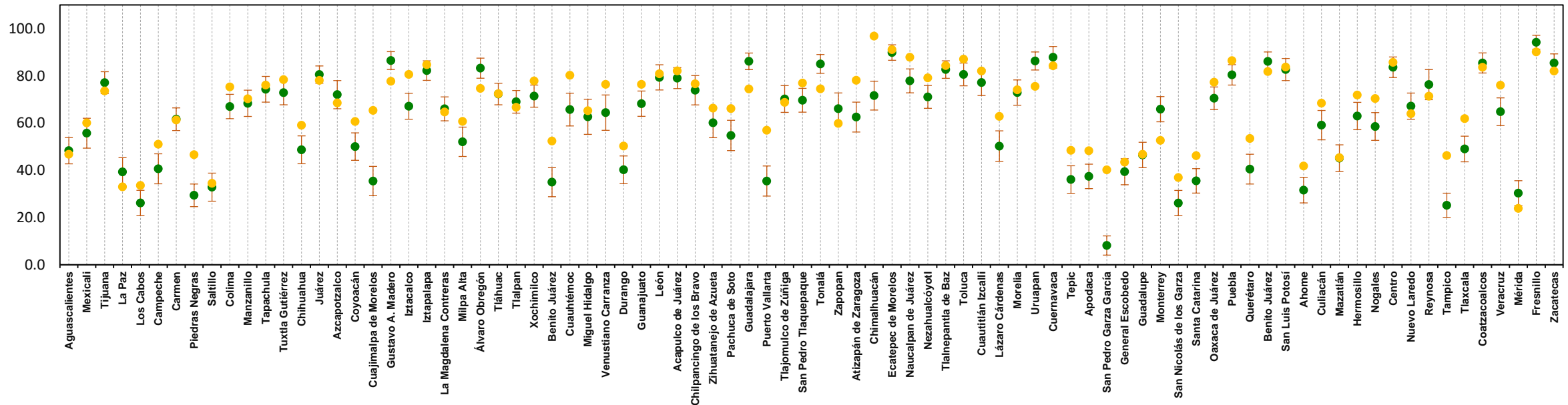
● ENSU ● EBLUP ● SEBLUP

Validación con ENSU I - 2021

Estimación generada por EBLUP e intervalos de confianza dados por ENSU I-2021



Estimación generada por SEBLUP e intervalos de confianza dados por ENSU I-2021



● ENSU ● EBLUP ● SEBLUP

Resumen Estimaciones Directas vs EBLUP vs SEBLUP

	Estimación directa		EBLUP		SEBLUP	
Cuantiles	Estimación	CV	Estimación	CV	Estimación	CV
Mínimo	16.4	0.1	10.2	0.1	10.8	0.1
Cuartil inferior	45.4	4.1	39.6	7.8	39.7	5.8
Mediana	62.0	7.8	50.1	9.7	50.8	7.1
Media	60.3	10.4	50.8	9.9	51.0	7.3
Cuartil superior	75.1	13.5	60.5	11.9	61.1	8.5
Máximo	98.5	63.9	97.7	52.7	96.8	36.8

Resumen Municipios según nivel de confiabilidad de las estimaciones

Nivel de confiabilidad	Estimación directa	EBLUP	SEBLUP
Alta ($0\% \leq CV < 15\%$)	520 (79.5%)	2,276 (92.2%)	2,439 (98.8%)
Tolerable ($15\% \leq CV < 30\%$)	107 (16.4%)	192 (7.8%)	29 (1.2%)
Baja ($CV \geq 30\%$)	27 (4.1%)	1 (0.0%)	1 (0.0%)



Conclusiones



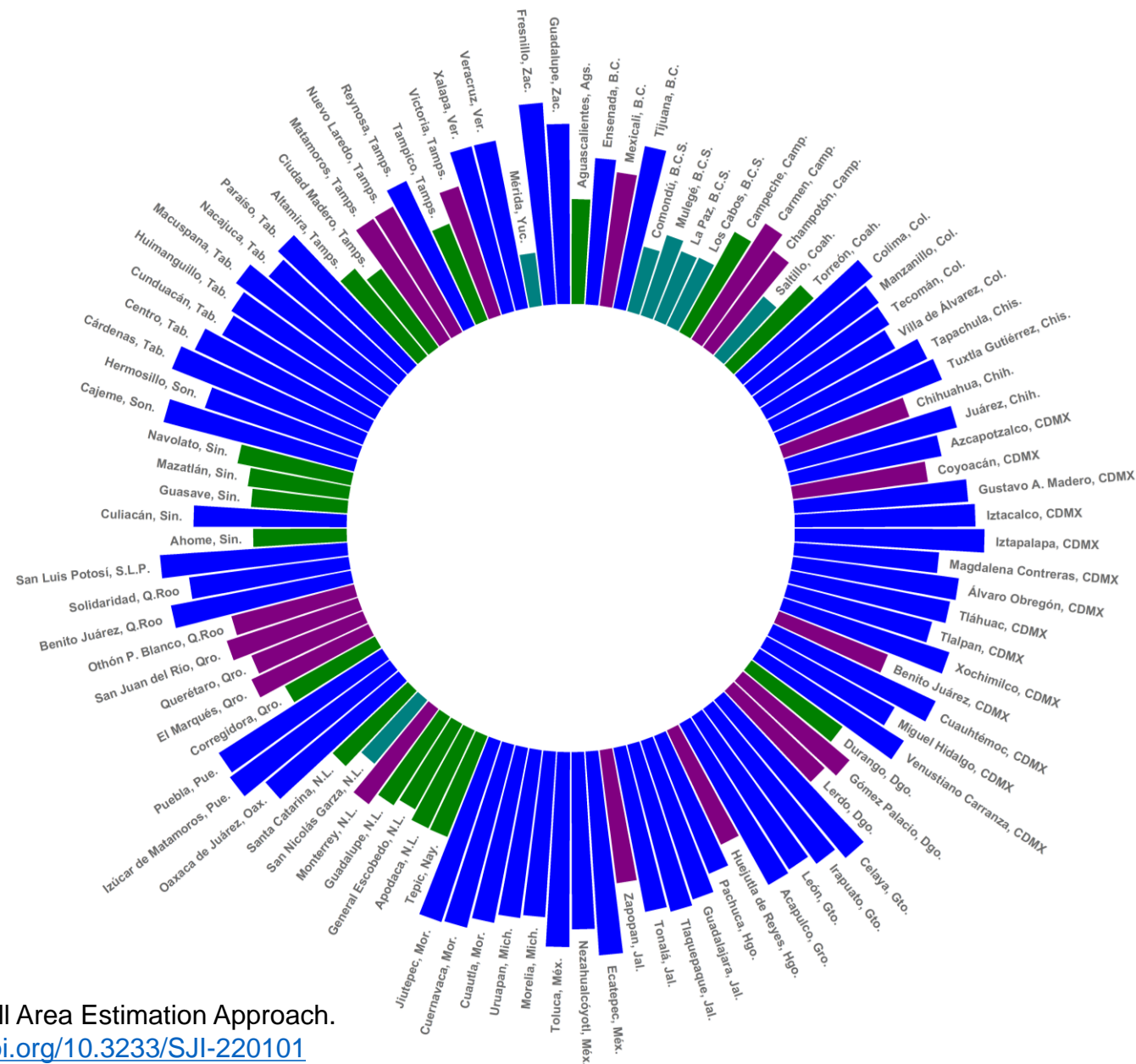
Conclusiones

- Se obtuvieron estimaciones del porcentaje de la población de 18 años y más con percepción de inseguridad en su municipio de residencia, para los 2,469 municipios de México.
- EBLUP y SEBLUP generaron estimaciones válidas, con niveles de confiabilidad aceptables.
- SEBLUP generó una mayor cantidad de estimaciones de alta confiabilidad.
- A pesar de que la ENSU no fue diseñada para generar estimaciones a nivel municipal, se observa cierto acuerdo entre los resultados.
- Se contribuye a la identificación de posibles patrones de percepción de inseguridad a partir de las características de la población a nivel municipal.

Conclusiones

10 municipios con mayor porcentaje de percepción de inseguridad:

Chimalhuacán, Edo. Méx.	96.8
Cárdenas, Tab.	91.7
Celaya, Gto.	91.6
Ecatepec, Edo. Méx.	91.0
Fresnillo, Zac.	90.1
Tizayuca, Hgo.	88.8
Izúcar de Matamoros, Pue.	88.5
Silao, Gto.	88.2
Naucalpan, Edo. Méx.	87.9
Cajeme, Son.	87.9



- Muy alta
- Alta
- Baja
- Muy baja

Fuente de este trabajo:
 Santillana, Mario Alberto et al (2023).
 Perception of Insecurity in Municipalities in Mexico: A Small Area Estimation Approach.
 Statistical Journal of the IAOS, 39(2), 491 – 500. <https://doi.org/10.3233/SJI-220101>

GRACIAS



Conociendo
México

800 111 46 34
www.inegi.org.mx
atencion.usuarios@inegi.org.mx

    **INEGI** Informa