COMITÉ TÉCNICO
DISTRITACIÓN NACIONAL
2021-2023

Informe Anual de Actividades 2021

Diciembre 2021

Índice

I. GLOSARIO 3

II. PRESENTACIÓN 4

III. FUNDAMENTO JURÍDICO 5

ANTECEDENTES 5
NORMATIVIDAD APLICABLE 7
FUNCIONES DEL COMITÉ TÉCNICO PARA EL SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LOS TRABAJOS DE DISTRITACIÓN ELECTORAL NACIONAL: 8

IV. SESIONES ORDINARIAS Y REUNIONES DE TRABAJO 9

IV. PRINCIPALES ACTIVIDADES DESARROLLADAS 11
1. INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN 11
1.1 Sobre la implementación de Diagramas de Voronoi para promover la compacidad de los distritos electorales 11
1.2 Experimentos para comparar la optimización de dos y tres objetivos. 17
1.3 Crecimiento poblacional de las entidades federativas 2010-2020 y efectos en el número de Distritos Federales Electorales. La importancia de los crecimientos absolutos y los crecimientos relativos 20
1.4 Respecto de los ponderadores de la función objetivo para la distritación electoral 27
1.5 Análisis de diferentes rangos de desviación poblacional y su impacto en la generación de fracciones municipales en la delimitación de Distritos Electorales Federales 32
1.6 Tiempos de traslado en la función objetivo 41
1.7 Municipios multipolígono. Diagnóstico sobre posibles excepciones a la continuidad geográfica 45
2. CRITERIOS TÉCNICOS Y REGLAS OPERATIVAS 55
3. MODELO MATEMÁTICO 57
4. PROTOCOLO PARA LA CONSULTA PREVIA, LIBRE E INFORMADA A LOS PUEBLOS Y COMUNIDADES INDÍGENAS Y AFROMEXICANAS EN MATERIA DE DISTRITACIÓN ELECTORAL 59
5. REGLAS PARA LA PRESENTACIÓN DE UNA PROPUESTA DE ESCENARIO DE DISTRITACIÓN Y CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA MISMA 61
6. CRITERIOS Y REGLAS OPERATIVAS PARA LA DEFINICIÓN DE LAS CABECERAS DISTRITALES FEDERALES Y LOCALES 62
7. TIPOLOGÍAS PARA EL BLOQUE 1 Y BLOQUE 2 63
8. GENERACIÓN DEL PRIMER ESCENARIO DE DISTRITACIÓN PARA LAS ENTIDADES DEL BLOQUE 1 64

ANEXOS 65

I. Glosario

CG	Consejo General
CNV	Comisión Nacional de Vigilancia
CRFE	Comisión del Registro Federal de Electores
CTD	Comité Técnico para el Seguimiento y Evaluación de los Trabajos de Distritación Nacional
DERFE	Dirección Ejecutiva del Registro Federal de Electores
GTDEFL	Grupo de Trabajo Distritaciones Electorales Federal y Locales
INE	Instituto Nacional Electoral
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INPI	Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas
JGE	Junta General Ejecutiva

II. Presentación

El informe que se presenta a continuación cumple con lo establecido en el punto de acuerdo **Cuarto**, inciso 8, del **Acuerdo INE/CG153/2021** por el que se aprueba la Creación e Integración del "Comité Técnico para el Seguimiento y Evaluación de los Trabajos de Distritación Nacional", en adelante CTD, en el cual se señala:

> **CUARTO.** Se aprueban las siguientes funciones del Comité Técnico para el Seguimiento y Evaluación de los Trabajos de Distritación Nacional:
>
> …
>
> 8. Rendir los informes que se precisen en el Plan de Trabajo que deberá aprobar la Junta General Ejecutiva, para efectuar los trabajos del Proyecto de la Distritación Nacional. La Comisión Nacional de Vigilancia conocerá y podrá opinar sobre dichos informes.

Al respecto, el Plan de Trabajo de la Distritación Nacional 2021 – 2023, aprobado por la Comisión del Registro Federal de Electores mediante Acuerdo INE/CRFE14/02SE/2021, establece que:

> Por su parte, el CTD elaborará al término de 2021 y 2022 sendos informes sobre las actividades realizadas en cada año, mientras que, al término del proyecto —en 2023— rendirá un Informe Final ante el CG. Todos estos documentos se harán del conocimiento de la CNV y de la CRFE.

Para cumplir con dicho mandato, en este informe se describe el fundamento jurídico que enmarca la actuación del CTD, se da cuenta de las reuniones de trabajo y sesiones ordinarias celebradas durante 2021 y se presenta una síntesis de las principales actividades realizadas por el Comité, en el marco del Plan de Trabajo aprobado por la Comisión del Registro Federal de Electores. Finalmente, se incorporan los anexos que permiten conocer el detalle cada uno de los aspectos referidos en este informe.

III. Fundamento Jurídico

Antecedentes

1. **Creación del Instituto Nacional Electoral (INE).** El 10 de febrero de 2014, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia política-electoral. En específico determinó constituir al Instituto Nacional Electoral que sustituyó al Instituto Federal Electoral, el cual tendrá entre sus funciones mantener actualizada la cartografía electoral.
2. **Demarcación territorial de los Distritos Electorales uninominales locales en las 32 entidades federativas.** Del 24 de junio de 2015 al 28 de agosto de 2017, el Consejo General del INE aprobó la demarcación territorial de los Distritos Electorales uninominales locales de las 32 entidades federativas, a propuesta de la JGE.
3. **Publicación del Censo 2020.** El 25 de enero de 2021, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) publicó los resultados del Censo de Población y Vivienda 2020.
4. **Instrucción para realizar las actividades necesarias para presentar el Proyecto de la Distritación Nacional 2021-2023.** El 26 de febrero de 2021, mediante Acuerdo INE/CG152/2021, este Consejo General instruyó a la JGE para que, a través de la Dirección Ejecutiva del Registro Federal de Electores (DERFE), realice las actividades necesarias para presentar el Proyecto de la Distritación Nacional 2021-2023.
5. **Creación e integración del Comité Técnico para el Seguimiento y Evaluación de los Trabajos de Distritación (CTD).** El 26 de febrero de 2021, mediante Acuerdo INE/CG153/2021, este Consejo General del INE aprobó la creación e integración del CTD, cuya Sesión de Instalación fue realizada el 3 de marzo de 2021.
6. **Plan de Trabajo del Proyecto de la Distritación Nacional 2021-2023.** El 26 de abril de 2021, mediante Acuerdo INE/CRFE14/02SE/2021, la Comisión del Registro Federal de Electores (CRFE) aprobó el Plan de Trabajo del Proyecto de la Distritación Nacional 2021-2023.
7. **Modificaciones al Plan de Trabajo del Proyecto de la Distritación Nacional 2021-2023.** El 24 de agosto de 2021, la CRFE aprobó, mediante Acuerdo INE/CRFE40/04SE/2021, las modificaciones al Plan de Trabajo del Proyecto de la Distritación Nacional 2021-2023, aprobado mediante diverso INE/CRFE14/02SE/2021. Posteriormente el 30 de octubre la DERFE realizó

ajustes al mencionado Plan de Trabajo, los cuales fueron informados a la CRFE y a la Comisión Nacional de Vigilancia (CNV).

8. **Criterios Técnicos y Reglas Operativas para la Distritación Nacional 2021 – 2023, Matriz de Jerarquización de los criterios y número de distritos electorales federales por entidad federativas.** El 27 de agosto de 2021, el Consejo General del INE aprobó, mediante Acuerdo INE/CG1466/2021, los Criterios y Reglas Operativas para la Distritación Nacional 2021-2023, la "Matriz en la que se establece la jerarquía de los criterios y su participación en el modelo matemático para su aplicación integral en la delimitación de los Distritos Electorales federales y locales y el número de Distritos Electorales federales uninominales que le corresponde a cada entidad federativa.

9. **Protocolo de Consulta a Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas.** El 27 de agosto de 2021, mediante Acuerdo INE/CG1467/2021, el Consejo General del INE aprobó el "Protocolo para la Consulta Previa, Libre e Informada a Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas en materia de Distritación Electoral".

10. **Aspectos metodológicos y técnicos operativos para la aplicación de los criterios y reglas operativas para la Distritación Nacional 2021 – 2023.** El 30 de septiembre de 2021, el Consejo General del INE, mediante Acuerdo INE/CG1548/2021, aprobó los aspectos metodológicos y técnico-operativos para la aplicación de Criterios y Reglas Operativas para la Distritación Nacional 2021-2023, correspondientes a los siguientes insumos técnicos: Estadísticas Censales a Escalas Geoelectorales 2020, la información sobre el número de población indígena y afromexicana y la información sobre los tiempos de traslado.

11. **Marco Geográfico Electoral de las entidades federativas de Campeche, Coahuila, Colima, Chihuahua, Ciudad de México y Puebla.** El 29 de octubre, el Consejo General del INE aprobó mediante Acuerdo INE/CG1621/2021, los catálogos de municipios y secciones que conforman el Marco Geográfico Electoral de las entidades federativas de Campeche, Coahuila, Colima, Chihuahua, Ciudad de México y Puebla, como insumo para la realización de los trabajos de la Distritación Nacional.

12. **Generación del Primer Escenario de Distritación Federal y Local de Campeche, Coahuila, Colima, Chihuahua, Ciudad de México y Puebla.** El 16 de diciembre en presencia del Consejero Presidente de la CRFE, los representantes de los Partidos Políticos ante la CNV, representantes de los Organismos Públicos Locales, y las vocalías de cada una de las entidades federativas antes mencionadas, la DERFE procedió a la generación del Primer Escenario de Distritación Federal y Local para este primer bloque de entidades.

Normatividad aplicable

Son aplicables los artículos 1°, párrafos primero, segundo y tercero; 2ª, párrafos cuarto y quinto, apartado C; 41, párrafo segundo, base V, apartado A, párrafos primero y segundo y apartado B, inciso a), numeral 2; 52; 53; 133; y Tercero Transitorio del Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de agosto de 2001, por el que se adiciona un segundo y tercer párrafo al artículo 1° y se reforma el artículo 2 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1, 2, 5 inciso c) de la Convención Internacional para la Discriminación Racial; 3, 4, 5, 8, numeral 2, inciso d), 9 y 19 de la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas; 1, 2, párrafo primero, inciso a), 3, 4, 6 numeral 2, y 7, párrafo tercero del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre Pueblos Indígenas y Tribales; 9 de la Carta Democrática Interamericana; 5 de la Convención Interamericana contra el Racismo, la Discriminación Racial y Formas Conexas de Intolerancia; I, párrafo 2, II, III, VI, IX, X párrafos 1 y 2, XXI, párrafo 1, XXIII, párrafo 1 y 2 de la Declaración Americana sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas; Declaración de la Conferencia de Santiago; Declaración de la Conferencia de Durban; 21, apartado 3, de la Declaración Universal de los Derechos Humanos; 2 de la Declaración sobre el Derechos y el Deber de los Individuos, los Grupos y las Instituciones de Promover y Proteger los Derechos Humanos y las Libertades Fundamentales Universalmente Reconocidos; 2, párrafos 1 y 2, 25 , incisos a) y b) del Pacto Internacional de Derechos Políticos y Civiles; 23, apartado 1, incisos a) y b) de la Convención Americana sobre Derechos Humanos; XX de la Declaración Americana de los Derechos y Deberes del Hombre; Jurisprudencias 12/2013 y 37/2015 emitida por el Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación, la última versa sobre la consulta previa a comunidades indígenas que debe realizarse por autoridades administrativas electorales de cualquier orden de gobierno, cuando emitan actos susceptibles de afectar sus derechos; 1, párrafo 2, 9 párrafo 2, 14, párrafo 1, 29, 30, párrafo primero, inciso a), d), e) y f), 31, párrafo primero; 32, párrafo 1, inciso a), fracción II, 34, párrafo primero, inciso a); 35; 42, párrafo décimo; 44, párrafo 1, incisos l), gg), hh) y jj); 54, párrafo 1, incisos g) y h), 147, párrafos 2, 3 y 4, 158, párrafo 2, y 214, párrafos 1, 2 y 3 de la Ley General de Instituciones y Procedimientos Electorales; 2, 4, fracciones III, XIV, XXIII y XXXIII, 5, fracción XXIII, 6, fracciones I,II y VIII, 7, 8 y 9 de la Ley del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.

Funciones del Comité Técnico para el Seguimiento y Evaluación de los trabajos de Distritación Electoral Nacional:

El **Acuerdo INE/CG153/2021** del Consejo General del INE que crea al Comité Técnico para el Seguimiento y Evaluación de los trabajos de Distritación Nacional establece que tendrá las siguientes funciones:

1. Asesorar y dar seguimiento al desarrollo de las actividades relacionadas con los procesos de distritación.
2. Emitir opiniones técnicas y valoraciones respecto a casos particulares que le sean planteados durante el proceso de distritación.
3. Analizar la propuesta de criterios técnicos y reglas operativas para la distritación que será sometida a la consideración del Consejo General.
4. Emitir la opinión técnica sobre los escenarios de distribución territorial que proponga la Junta General Ejecutiva, a través de la Dirección Ejecutiva del Registro Federal de Electores.
5. Evaluar el funcionamiento del sistema informático que se desarrolle para la construcción de escenarios.
6. Asesorar, en las materias de su especialidad, a las y los integrantes de este Consejo General, la Comisión del Registro Federal de Electores, la Junta General Ejecutiva y la Comisión Nacional de Vigilancia.
7. Rendir a este Consejo General, a través de la Secretaría Ejecutiva del Instituto, un informe final respecto de la distritación que se realice.
8. Rendir los informes que se precisen en el Plan de Trabajo que deberá aprobar la Junta General Ejecutiva, para efectuar los trabajos del Proyecto de la Distritación Nacional. La Comisión Nacional de Vigilancia conocerá y podrá opinar sobre dichos informes.
9. Realizar los trabajos que expresamente le solicite la Comisión del Registro Federal de Electores y la Junta General Ejecutiva, por conducto de sus respectivas Presidencias.
10. Acudir a las sesiones y reuniones de trabajo para el seguimiento de sus labores, a las que convoque el Secretario Técnico del Comité Técnico.
11. Mantener reuniones y comunicaciones periódicas con las y los integrantes del Consejo General y de la Comisión Nacional de Vigilancia, con el objeto de dar seguimiento al desarrollo de sus labores.
12. Adoptar por consenso las conclusiones de la evaluación de los trabajos del Proyecto de la Distritación Nacional y rendir el informe correspondiente a este Consejo General.

13. Las demás funciones que le confiera este Consejo General.

Por su parte, el Plan de Trabajo de la Distritación Nacional 2021 – 2023, aprobado por la Comisión del Registro Federal de Electores mediante Acuerdo INE/CRFE14/02SE/2021, establece que el mencionado Comité Técnico elaborará al término de 2021 y 2022 sendos informes sobre las actividades realizadas en cada año, mientras que, al término del proyecto —en 2023— rendirá un Informe Final ante el CG. Todos estos documentos se harán del conocimiento de la CNV y de la CRFE.

IV. Sesiones ordinarias y reuniones de trabajo

Durante 2021, el CTD sostuvo 29 reuniones de trabajo y 10 sesiones ordinarias, además de otras reuniones con diversos actores relacionados con el proyecto de distritación, tales como la CRFE, la CNV, el Grupo de Trabajo de Distritaciones Electorales, entre otros.

Debido a la emergencia sanitaria por la pandemia de COVID-19 todas las reuniones fueron realizadas a distancia mediante la plataforma Cisco WEBEX, excepto la reunión del 27 de julio con representantes del INPI y del INEGI, la cual se llevó a cabo a través de la plataforma Microsoft TEAMS.

Reunión	Fecha
Reunión inicial	03-mar-21
Sesión de instalación	04-mar-21
1a reunión de trabajo	09-mar-21
2a reunión de trabajo	16-mar-21
1a sesión ordinaria	23-mar-21
3a reunión de trabajo	06-abr-21
4a reunión de trabajo	13-abr-21
5a reunión de trabajo	20-abr-21
2a sesión ordinaria	27-abr-21
6a reunión de trabajo	04-may-21
7a reunión de trabajo	11-may-21
8a reunión de trabajo	18-may-21
3a sesión ordinaria	25-may-21
9a reunión de trabajo	01-jun-21
10a reunión de trabajo	08-jun-21
11a reunión de trabajo	10-jun-21
12a reunión de trabajo	15-jun-21

Reunión	Fecha
Reunión extraordinaria con el GTDEFL	22-jun-21
13a reunión de trabajo	22-jun-21
Reunión de trabajo del Grupo INE- INPI	28-jun-21
Reunión de Trabajo con partidos políticos	29-jun-21
4a sesión ordinaria	29-jun-21
14a reunión de trabajo	06-jul-21
15a reunión de trabajo	13-jul-21
Reunión con Consejeras Consejeros integrantes de la CRFE	19-jul-21
16a reunión de trabajo	20-jul-21
Reunión con INPI e INEGI	27-jul-21
5a sesión ordinaria	27-jul-21
17a reunión de trabajo	03-ago-21
18a reunión de trabajo	05-ago-21
19a reunión de trabajo	17-ago-21
6a sesión ordinaria	24-ago-21
Reunión Nacional de Vocales	30-ago-21
20a reunión de trabajo	31-ago-21
21a reunión de trabajo	21-sep-21
7a sesión ordinaria	28-sep-21
Reunión con partidos políticos sobre el Modelo Matemático	01-oct-21
22ª reunión de trabajo	05-oct-21
23ª reunión de trabajo	12-oct-21
24ª reunión de trabajo	19-oct-21
8ª sesión ordinaria	26-oct-21
25ª reunión de trabajo	03-nov-21
26ª reunión de trabajo	09-nov-21
27ª reunión de trabajo	17-nov-21
9ª sesión ordinaria	24-nov-21
28ª reunión de trabajo	01-dic-21
29ª reunión de trabajo	08-dic-21
En la CRFE	13-dic-21
En la CNV	13-12-21
10a sesión ordinaria	15-dic-21

IV. Principales actividades desarrolladas

Conforme al Plan de Trabajo aprobado por la CRFE, durante 2021 se dio inicio a los trabajos del proyecto de la distritación nacional y se desarrollaron actividades orientadas a cubrir las etapas de: preparación de insumos; definición de criterios técnicos; reglas operativas, matriz de jerarquización de criterios técnicos y reglas para la conformación de una propuesta de escenario de distritación y criterios de evaluación de la misma; ajustes al modelo matemático y a los sistemas de distritación nacional; preparación de la Consulta a Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas, y la generación del primer escenario de las entidades federativas incluidas en el Bloque 1 (Campeche, Colima, Coahuila, Chihuahua, Ciudad de México y Puebla).

A continuación se reseñan las principales actividades desarrolladas al respecto.

1. Investigación y experimentación

En el marco del Plan de Trabajo antes citado y como un aporte adicional, durante los primeros meses del proyecto se desarrollaron actividades investigación y experimentación orientadas a analizar en profundidad algunos de los elementos que han sido parte del modelo de distritación que el INE, y antes el IFE, ha ido perfeccionando a lo largo del tiempo. Los resultados de dichos estudios permiten sustentar de mejor manera las decisiones tomadas en la conformación de los Criterios técnicos y reglas operativas que rigen el proceso distritación, así como renovar o modificar algunos de sus elementos, por ejemplo al integrar los tiempos de traslado como un factor de la función objetivo.

Asimismo se pusieron a prueba nuevas ideas que para valorar su posible incorporación al modelo como lo es la implementación de diagramas de Voronoi para promover la compacidad en el trazo de los distritos electorales. En las páginas siguientes se resumen algunos de los trabajos de investigación y experimentación realizados.

1.1 Sobre la implementación de Diagramas de Voronoi para promover la compacidad de los distritos electorales

Los diagramas de Voronoi consisten esencialmente en un método para hacer la división de un área, Ω, a partir de *n* puntos de referencia llamados centros. La idea es que cada punto en Ω debe asignarse al centro más cercano. Una característica interesante de los diagramas de Voronoi es que son inherentemente compactos, ya que las divisiones formadas son polígonos.

Formalmente, los diagramas de Voronoi se definen de la siguiente manera:

Definición 1: Sea $V(c_i)$ el polígono de Voronoi asociado al centro c_i, entonces:

$$V(c_i) = \{p \mid d(p, c_i) \leq d(p, c_j), para\ toda\ i \neq j\}$$

Donde p es un punto dentro del área considerada y $d(p, q)$ representa la distancia entre dos puntos cualesquiera. Si se juntan todos los polígonos se obtiene el diagrama de Voronoi

$$V = \{V(c_1), V(c_2), \ldots, V(c_n)\}$$

Para determinar si los diagramas de Voronoi son adecuados para promover la compacidad en el diseño de distritos electorales, se aplicó la siguiente metodología en el sistema de distritación.

1. Se determinó utilizar el algoritmo ABC-RS para los experimentos.
2. Los insumos para el algoritmo incluyeron los centroides de cada unidad geográfica, C_{UG}.
3. Como parte del procesamiento el algoritmo calcula los centroides de cada distrito, $C_{D1}, C_{D2}, \ldots, C_{Dn}$.
4. El costo de compacidad está dado por la suma de las distancias euclidianas del centroide de cada distrito al centroide de sus unidades geográficas, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\sum_{UGi \in Di} d(C_{UGi}, C_{Di}) = \sum_{UGi \in Di} \sqrt{(x_p - x_q)^2 + (y_p - y_q)^2}$$

5. El algoritmo ABC-RS empleó la siguiente técnica para calcular los centroides de los distritos. Suponga que se tiene un distrito D con n unidades geográficas con áreas $A_1, A_2, \ldots, A_n$, y centroides ubicados en las coordenadas $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \ldots, (x_n, y_n)$, entonces las coordenadas del centroide del distrito se calculan como:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i * x_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}, \quad y = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i * y_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$

Finalmente, se estableció realizar los experimentos para el estado de Chihuahua, considerando la formación de 22 distritos. Asimismo, se realizaron 30 corridas para cada uno de los siguientes experimentos:

a. Empleando el costo de compacidad sin ningún tipo de división.
b. Dividiendo el costo de compacidad entre 100,000.
c. Dividiendo el costo de compacidad entre la distancia promedio de los centroides de las unidades geográficas de cada conjunto territorial.

A continuación, se presentan las mejores soluciones obtenidas para cada caso. En la Figura 1 se muestran algunos de los distritos generados cuando el costo de la compacidad no fue dividido por ningún valor. Se observa que aún en este caso los distritos tienen formas retorcidas, poco deseables para el trazo distrital. Además, los costos asociados a equilibrio poblacional se encuentran fuera de rango, como se observa en la Figura 2, debido a la influencia de los altos costos en compacidad.

Figura 1. Resultados cuando no se divide el costo de compacidad

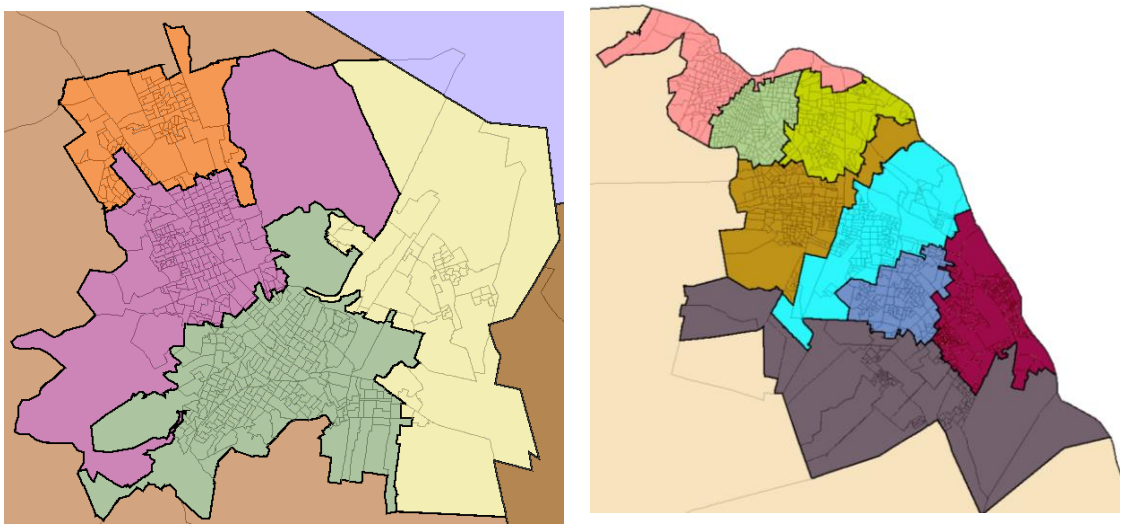


Figura 2. Equilibrio poblacional cuando no se divide el costo de compacidad

No	% D Media	Población
11	103.61%	315,262
4	69.88%	263,047
6	61.33%	249,796
7	60.47%	248,468
12	49.65%	231,720
19	44.54%	223,799
20	34.96%	208,974
14	20.31%	186,292
9	13.84%	176,262
3	9.56%	169,647
2	5.24%	162,954
21	-2.61%	150,792
15	-10.42%	138,699
17	-12.07%	136,154
18	-13.33%	134,198
16	-19.47%	124,690
8	-31.79%	105,622
10	-53.69%	71,701
5	-79.06%	32,424
22	-81.57%	28,536
13	-84.04%	24,715
1	-85.33%	22,713

Posteriormente se realizaron experimentos dividiendo la compacidad entre 100,000, con la intención de promover la formación de distritos con equilibrio poblacional dentro de los límites establecidos, $\pm 15\%$. En la Figura 3 se muestran algunos de los distritos generados, nuevamente se observan formas retorcidas, pero se mejoró el equilibrio poblacional, como se muestra en la Figura 4.

Figura 3. Resultados cuando se divide el costo de compacidad entre 100,000

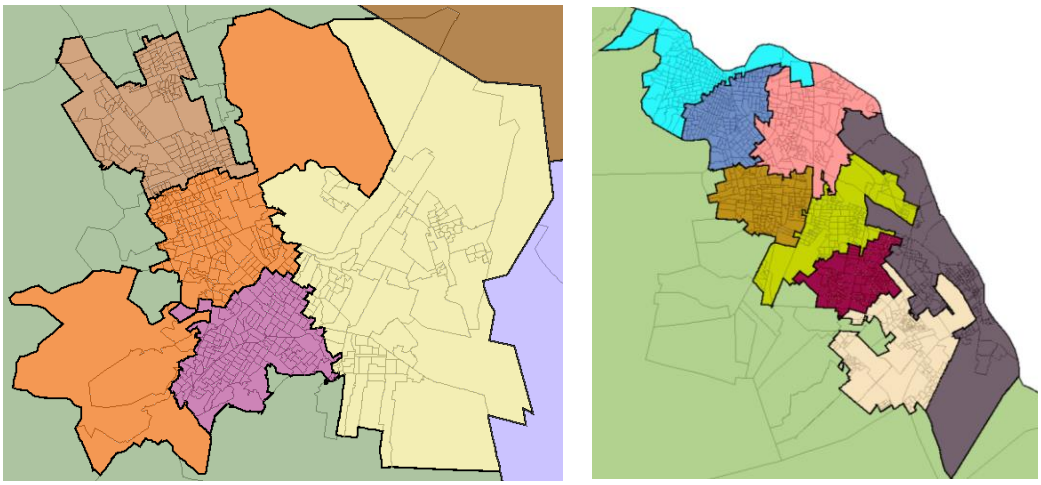


Figura 4. Equilibrio poblacional al dividir el costo de compacidad entre 100,000

No	% D Media	Población
6	13.80%	176,205
12	10.53%	171,138
9	8.37%	167,806
13	7.26%	166,084
8	7.04%	165,737
10	6.29%	164,576
3	0.66%	155,861
2	-0.05%	154,754
1	-0.29%	154,388
15	-2.27%	151,328
16	-2.46%	151,031
11	-3.09%	150,056
4	-3.17%	149,934
5	-3.19%	149,893
19	-3.43%	149,535
20	-3.91%	148,790
21	-3.91%	148,790
22	-3.97%	148,693
18	-4.21%	148,318
7	-4.48%	147,899
14	-4.83%	147,364
17	-10.69%	138,285

Por último, se presentan los distritos generados cuando el costo de la compacidad se divide entre la distancia promedio de los centroides de las unidades geográficas de cada conjunto territorial. En este caso, los distritos tienen formas terribles, como se observa en la Figura 5. No obstante el equilibrio poblacional es muy bueno (ver Figura 6).

Figura 5. Resultados cuando se divide la compacidad entre la distancia promedio

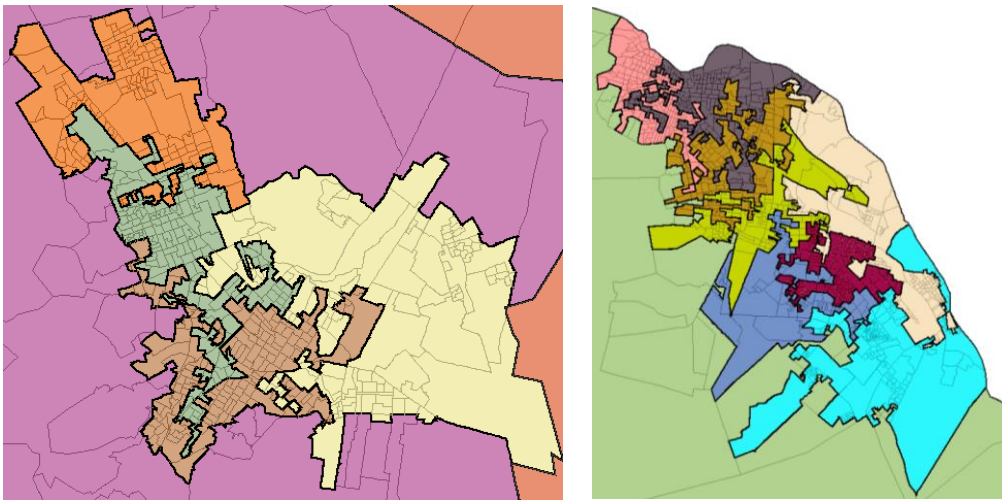


Figura 6. Equilibrio poblacional al dividir la compacidad entre la distancia promedio

No	% D Media	Población
13	6.04%	164,197
10	5.94%	164,035
11	5.90%	163,974
9	5.78%	163,783
12	5.70%	163,671
3	2.18%	158,207
8	1.75%	157,553
2	1.71%	157,491
5	1.60%	157,310
4	1.54%	157,231
6	0.82%	156,108
1	0.60%	155,761
7	0.11%	155,010
21	-4.19%	148,352
19	-4.25%	148,257
20	-4.27%	148,225
18	-4.31%	148,169
14	-4.38%	148,052
16	-4.48%	147,905
22	-4.50%	147,878
15	-4.64%	147,661
17	-4.65%	147,635

Conclusión

Como resultado de los experimentos antes descritos, se concluyó que el uso de diagramas de Voronoi en el proceso de distritación llevaría a la creación de distritos con formas poco deseables, afectando severamente a la desviación poblacional. De forma adicional, en promedio los tiempos de cómputo fueron 4 veces mayores que cuando se emplea la técnica de evaluación de compacidad utilizada en el anterior proceso de distritación.

1.2 Experimentos para comparar la optimización de dos y tres objetivos.

Para el proceso de distritación actual se ha establecido optimizar una función objetivo que considera una suma ponderada de equilibrio poblacional, compacidad y tiempos de traslado, como se muestra en la siguiente Ecuación 1:

$$f(E) = \sum_{j=1}^{k}\left(\frac{1-{}^{P_{D_j}}/_{P_M}}{0.15}\right)^2 + 0.5\sum_{j=1}^{k}\left(\frac{\text{Perímetro del distrito j } j}{\sqrt{\text{Área del distrito } j}} * 0.25 - 1\right) + 0.4\sum_{j=1}^{k}\frac{\bar{T}_j}{\bar{T}_{Es}} \qquad (1)$$

Donde:

$E = \{D_1, D_2, \ldots, D_k\}$, es un escenario (plan distrital)

D_j = es un distrito electoral formado por un conjunto de unidades geográficas (secciones y/o municipios)

P_{D_j}, es la población del distrito *j*

P_M, es la población media estatal

$\bar{T}_j$, es el tiempo de traslado promedio en el distrito *j*

$\bar{T}_{Es}$, es el tiempo de traslado promedio en el estado

A partir de este punto se determinó analizar dos opciones. La opción A sugería emplear algoritmos que durante el proceso de exploración busquen soluciones que mejoren los costos asociados a equilibrio poblacional y compacidad, y que calculen e incluyan el costo asociado a tiempos de traslado al concluir su proceso de optimización. La opción B proponía que se diseñaran y analizara el desempeño de algoritmos que durante el proceso de exploración busquen soluciones que mejoren el costo dado por la Ecuación 1.

Para poder comparar las dos opciones, se hicieron pruebas con la información disponible para la Ciudad de México, Coahuila, Chihuahua, Guerrero, Oaxaca y Puebla. Para cada entidad se intentaron realizar 500 corridas con ambos algoritmos, estableciendo como límite un máximo de 48 horas de tiempo de ejecución. En algunos casos no se pudieron hacer las 500 corridas, debido al tiempo requerido para completar cada solución, lo cual por supuesto afectó principalmente al algoritmo más lento.

Los experimentos en Ciudad de México, Coahuila y Chihuahua fueron más amplios, ya que se hicieron pruebas considerando el número de distritos que les corresponderían en la distritación federal y local. En estos casos se emplearon tipologías, además se unieron secciones para formar "barreras geográficas" y evitar la formación de fracciones municipales innecesarias. Para Puebla sólo se consideró el número de distritos asociado al caso federal, y la tipología estaba formada dos conjuntos territoriales, uno formado por la capital junto con

Cuautlancingo, y otro por el resto de los municipios. En estas entidades federativas se usó la información depurada enviada por el área de Cartografía.

Para realizar los experimentos en Guerrero y Oaxaca se empleó información proporcionada por el área de Cartografía. Para Guerrero no se consideró ninguna tipología, por lo tanto, el estado completo es un conjunto territorial. Para Oaxaca sólo se consideraron dos conjuntos territoriales, uno formado por la capital del estado y otro por el resto de los municipios.

En a Tabla 1 se presenta el tiempo promedio en minutos, y costo de la solución híbrida generada por cada una de las opciones. Es importante recordar que la solución híbrida contiene los mejores distritos para cada conjunto territorial. Se han resaltado en negritas los mejores costos para cada caso.

Tabla 1. Tiempo y costo de las opciones A y B

Entidad y tipo de distritación	Opción A		Opción B	
	Tiempo (min)	Función de Costo	Tiempo (min)	Función de Costo
CDMX Federal	10.26	10.393681	10.65	**10.38931**
CDMX Local	14.71	**8.849225**	15.30	**8.849225**
Coahuila Federal	2.84	**3.276581**	3.46	**3.276581**
Coahuila Local	3.34	**10.635347**	4.01	**10.635347**
Chihuahua Federal	4.82	**6.078163**	5.43	**6.078163**
Chihuahua Local	6.01	**12.796591**	6.51	12.796958
Puebla Federal	4.34	**11.051464**	7.27	11.059483
Guerrero	2.65	4.086762	3.92	**4.026826**
Oaxaca	4.36	**14.008181**	18.99	14.162577

De forma adicional, se realizaron pruebas de hipótesis para determinar si los algoritmos tenían un comportamiento semejante. En este caso se consideró un nivel de significancia de a = 0.05 con:

H_0: Los promedios del costo total de las opciones A y B son iguales.

H_a: Los promedios del costo total de las opciones A y B no son iguales.

Los resultados de las pruebas se presentan en la Tabla 2. Se debe destacar que rechazar la hipótesis nula, H_0, implica que el comportamiento de los algoritmos usados en la opción A y B es diferente y por lo tanto debe usarse el que proporcione menores costos. En caso contrario, cualquiera de las dos opciones es estadísticamente igual.

Tabla 2. Pruebas de hipótesis

Entidad	F calculada	Valor P	Decisión
CDMX Federal	1.12657901	0.28904901	No se rechaza H_0
CDMX Local	689.2902202	3.34E-99	Se rechaza H_0
Coahuila Federal	19.72626103	9.95523E-06	Se rechaza H_0
Coahuila Local	4606.686312	0	Se rechaza H_0
Chihuahua Federal	1.162932449	0.281263211	No se rechaza H_0
Chihuahua Local	16.35906189	5.95963E-05	Se rechaza H_0
Puebla Federal	0.580146219	0.446426707	No se rechaza H_0
Guerrero	5.82624033	0.015878252	Se rechaza H_0
Oaxaca	37.09795289	1.47519E-09	Se rechaza H_0

Conclusión

Después de estos análisis se concluye lo siguiente que el algoritmo empleado en la opción A siempre requirió menos tiempo de cómputo. Sin embargo, no optimiza los 3 objetivos, así que no necesariamente convergerá a las mejores soluciones. Por otro lado, el algoritmo empleado en la opción B optimiza los 3 objetivos como parte de su proceso de búsqueda y mejora. No obstante, en entidades con muchas localidades, de 2500 o más habitantes, puede requerir altos tiempos de cómputo. Por lo tanto, existe el riesgo de que no se realicen las corridas necesarias para encontrar la mejor solución, como ocurrió en Oaxaca. Se recomienda trabajar con el algoritmo con tres objetivos ya que estadísticamente tiene una media menor en los casos donde se rechaza H_0 y donde no se puede rechazar H_0 el comportamiento de ambos algoritmos es estadísticamente igual.

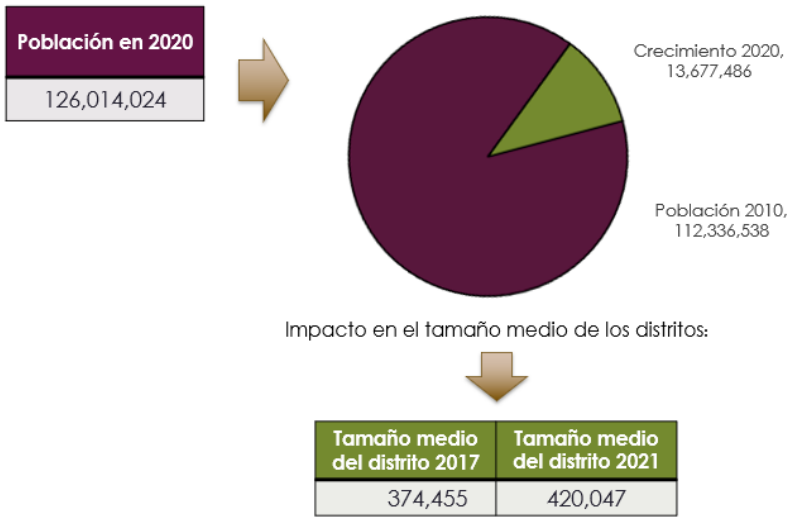
1.3 Crecimiento poblacional de las entidades federativas 2010-2020 y efectos en el número de Distritos Federales Electorales. La importancia de los crecimientos absolutos y los crecimientos relativos

El objetivo del siguiente estudio es ilustrar el crecimiento poblacional que experimentaron las entidades federativas entre el Censo 2010 y el Censo 2020, así como la forma en que este crecimiento se traduce en una redistribución de los distritos electorales correspondientes a cada entidad.

Crecimiento poblacional

El crecimiento de la población es un reflejo de los nacimientos, defunciones y flujos migratorios que ocurren en un territorio. De acuerdo con INEGI, la población mexicana en 2020 es de 126,014,024 personas, que representa un crecimiento de 13,677,486 personas con respecto a las registradas en 2010.

Figura 1. Crecimiento de la población entre 2010 y 2020



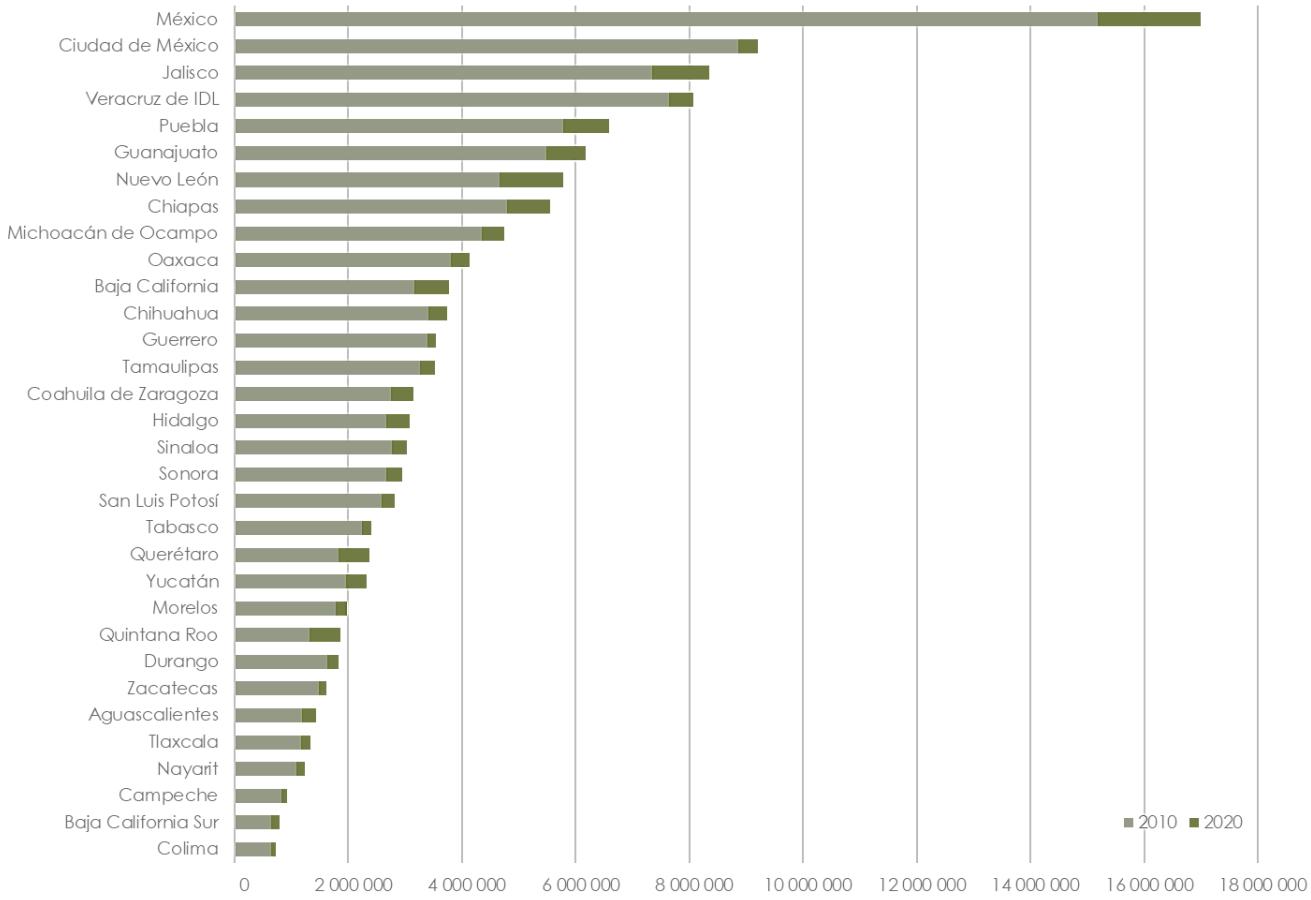
Para efectos del proceso de Distritación, este crecimiento en la población del país impacta directamente en el tamaño medio de los distritos electorales, que se calcula de la siguiente forma:

$$(1)\ Tamaño\ medio = \frac{Población\ total}{300\ distritos}$$

Las cifras anteriores muestran el crecimiento total de la población en México entre los períodos de análisis, pero al interior de las entidades federativas se observan crecimientos de diferentes magnitudes tanto en términos absolutos (número de personas) como en términos relativos (porcentaje de crecimiento).

En la Figura 2 se observa la distribución del crecimiento nacional en las entidades federativas, es decir, cuántas de las 13,677,486 personas adicionales registradas en 2020 corresponden a cada entidad.

Figura 2. Distribución del crecimiento poblacional nacional entre 2020 y 2010 por entidad federativa



Asignación de distritos electorales

De acuerdo con el Artículo 53 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), todas las entidades federativas deben contar con un mínimo de dos distritos electorales. Sin embargo, Baja California y Colima tienen poblaciones muy pequeñas (798,447 y 731,391 personas, respectivamente) que respecto del Tamaño Medio (TM) darían como resultado menos de dos distritos. Por lo tanto, se realizó un ajuste para asignar dos distritos a cada una de estas entidades y, posteriormente, realizar un nuevo cálculo del TM.

Para este procedimiento, se descuentan los cuatro distritos ya asignados, de modo que restan 296 distritos por repartir. Después, se descuenta también la población de Baja California y Colima del total nacional, resultando un total de 124,484,186

personas correspondientes a las 30 entidades federativas restantes. Entonces, se calcula el TM ajustado:

Población total	Distritos a repartir	Tamaño medio del distrito (pob/distritos)
124,484,186	296	**420,555**

La variación en el número de distritos que corresponden a cada entidad respecto del número que tenía anteriormente depende tanto de su crecimiento particular como de la población nacional, que se ve reflejada en el TM.

Para conservar el mismo número de distritos, la entidad requiere que su población total sea igual al número de distritos que tenía multiplicado por el TM ajustado:

$$(2)\ Población\ requerida = Distritos\ 2017 * Tamaño\ Medio\ Ajustado$$

Por ejemplo, una entidad con 10 distritos en 2017 requeriría 10 x 420,555 = 4,205,550 personas en el Censo 2020 para mantener esos mismos 10 distritos.

Figura 3. Población requerida para mantener el número de distritos de 2017 por entidad federativa

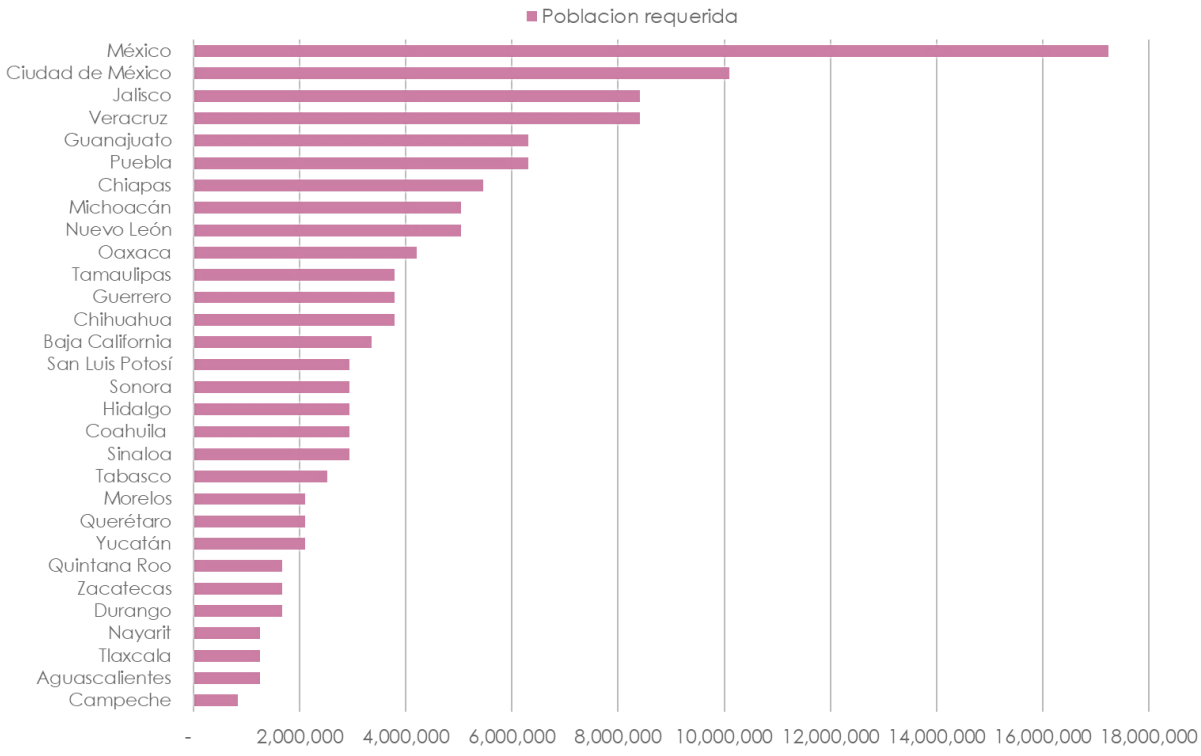
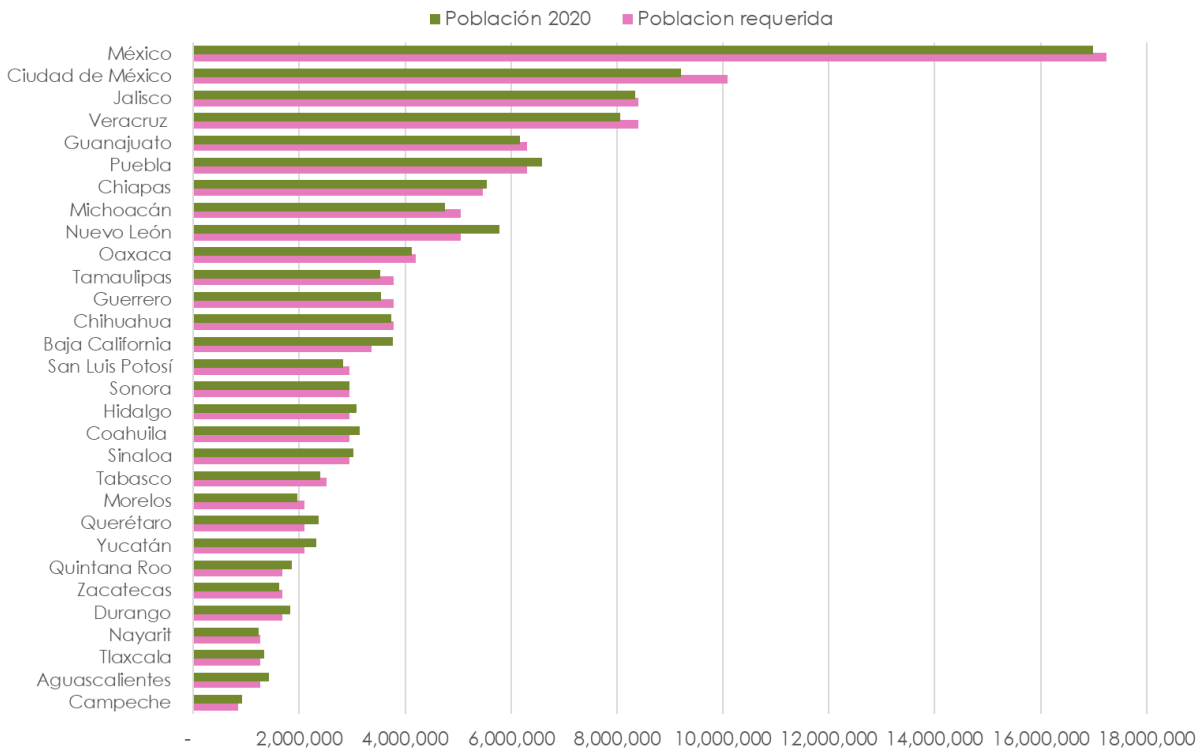


Figura 4. Población 2020 vs población requerida para mantener el número de distritos de 2017 por entidad federativa



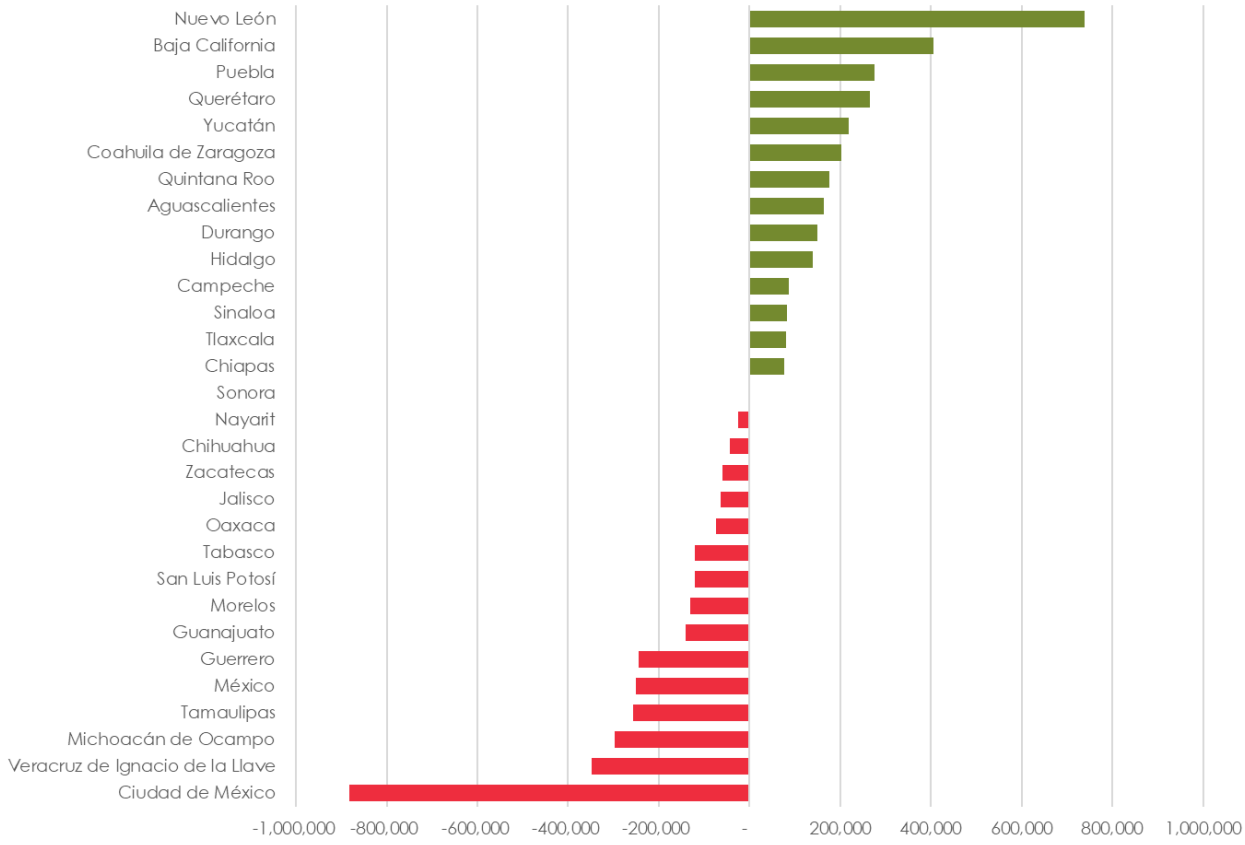
En la Figura 4 se puede apreciar que hay diferencias entre las poblaciones reales que arroja el censo de 2020 y las que serían requeridas en las entidades federativas para conservar el número de distritos de 2017. Aquellas en las que la población alcanzada en 2020 es mayor o igual a la requerida, tendrán, cuando menos, los mismos distritos que en 2017. Por el contrario, en las entidades que tuvieron una población menor a la requerida, es probable ver una reducción en el número de distritos.

Este comportamiento se puede apreciar de una mejor forma al considerar las diferencias entre el crecimiento efectivo y el crecimiento requerido, es decir, contrastando la diferencia entre el número de personas según los Censos 2020 y 2010 con la diferencia entre 2010 y la población requerida para mantener distritos.

La Figura 5 muestra a las entidades federativas según las diferencias entre crecimiento efectivo y requerido en orden descendente. Hacia la parte superior se observan las entidades que superaron el crecimiento requerido y, por lo tanto, verán incrementado su número de distritos electorales. Tal es el caso de Nuevo León, Baja California, Puebla, Querétaro, Yucatán y Coahuila. En la parte inferior se encuentran las entidades cuyo crecimiento fue mucho menor al requerido, por lo que les corresponden menos distritos respecto de 2017. En estre grupo se

encuentran Guerrero, México, Tamaulipas, Michoacán, Veracruz y la Ciudad de México.

Figura 5. Diferencias entre el crecimiento efectivo y el crecimiento requerido para mantener el número de distritos por entidad federativa



Ejemplos

Para mayor claridad, a continuación, se presenta una serie de ejemplos con entidades federativas y lo que ocurre con su número de distritos de acuerdo con la diferencia entre su población efectiva y requerida.

Ejemplo 1. Ciudad de México

2010 = población de 8,851,080 y 24 distritos en 2017.

- Requiere una población de *24 x 420,555 = 10,093,320* para mantener el mismo número de distritos.
- Crecimiento requerido = 1,242,240.

  2020 = población de 9,209,944 Crecimiento real = 358,864.
- Para mantenerse le faltan 1,242,240 – 358,864 = 883,376.

- Su crecimiento fue menor al necesario para mantener su actual número de distritos.
- ¿Cuál es la diferencia? 883,376 / 420,555 = 2.10 distritos menos.

Ejemplo 2. Nuevo León

2010: población de 4,653,458 y 12 distritos en 2017.

- Requiere una población de *12 X 420,555 = 5,046,660* para mantener el mismo número
- Crecimiento requerido = 393,202.

  2020 = población de 5,784,442 Crecimiento real = 1,130,984.

- Su diferencia por encima del crecimiento requerido es 1,130,984 – 393,202 = 737,782.
- Esto le da un número de distritos mayor que el de 2017.
- 737,782 / 420,555 = 1.75 Se traduce en 2 distritos más.

Ejemplo 3. Estado de México

2010: población de 15,175,862 y 41 distritos en 2017.

- Requiere una población de 41 X 420,555 = 17,242,755 para mantener el mismo número .
- Crecimiento requerido = 2,066,893.

  2020 = población de 16,992,418 Crecimiento real = 1,816,556.

- Su diferencia respecto al crecimiento requerido es 2,066,893 – 1,816,556 = 250,337.
- Está entre los faltantes relativos mayores, por lo que pierde un distrito.
- Este faltante representa 250,337 / 420,555 = 0.60 de un distrito.

Ejemplo 4. Quintana Roo

2010 = población de 1,325,578. y 4 distritos en 2017.

- Requiere una población de 4 x 420,555 = 1,682,220 para mantener el mismo número .
- Crecimiento requerido = 356,642

  2020 = población de 1,857,985 Crecimiento real = 532,407

- Su diferencia respecto al crecimiento requerido es 532,407 – 356,642 = 175,765

- No está entre los sobrantes relativos mayores por lo que permanece con el mismo número de distritos.
- Esta cantidad representa 175,765 / 420, 556 = 0.42 de distrito

Cuadro 1. Resumen de casos

Entidad	Crecimiento requerido	Crecimiento efectivo	Diferencia (efectivo – requerido)	Diferencia /tamaño medio	Resultado
Ciudad de México	1,242,242	385,864	-883,376	-2.10	Pierde 2 distritos
Nuevo León	393,202	1,130,984	737,782	1.75	Gana 2 distritos
Estado de México	2,066,893	1,816,556	-250,337	-0.60	Pierde 1 distrito
Quintana Roo	356,642	532,407	175,765	0.42	No cambia

Conclusiones

Del análisis precedente se concluye que:

1. El crecimiento poblacional de los estados entre 2010 y 2020 fue diferencial.
2. La distribución de los distritos es consistente con dos elementos: el crecimiento de la población y su volumen.
3. El crecimiento relativo y la restricción del total de distritos en relación con las disposiciones constitucionales vigentes determinan la asignación final de distritos por entidad.
4. Es importante entender que hay un crecimiento absoluto y uno relativo. Ambos juegan en la distribución del número de distritos por entidad federativa

1.4 Respecto de los ponderadores de la función objetivo para la distritación electoral

Durante los procesos de distritación realizados por el Instituto Nacional Electoral de 2015 a 2017, se empleó un modelo que busca minimizar el costo de la función objetivo, dada por una suma ponderada de equilibrio poblacional, $C_1(\bar{x})$, y compacidad, $C_2(\bar{x})$, como se muestra en la siguiente Ecuación 1.

$$Min\, f(\bar{x}) = \alpha_1 C_1(\bar{x}) + \alpha_2 C_2(\bar{x})$$

En esa ocasión, se estableció que los ponderadores debían tomar los siguientes valores $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 0.5$, para representar la importancia relativa del equilibrio poblacional sobre la compacidad.

Ahora que se cuenta con la información del Censo de Población y Vivienda 2020, y que se debe iniciar un nuevo proceso de distritación, se consideró necesario realizar una serie de experimentos que permitan determinar si los ponderadores deben conservar esos valores o si deben modificarse.

Con este objetivo en mente, se realizaron varias pruebas en 25 entidades federativas, siguiendo la siguiente metodología.

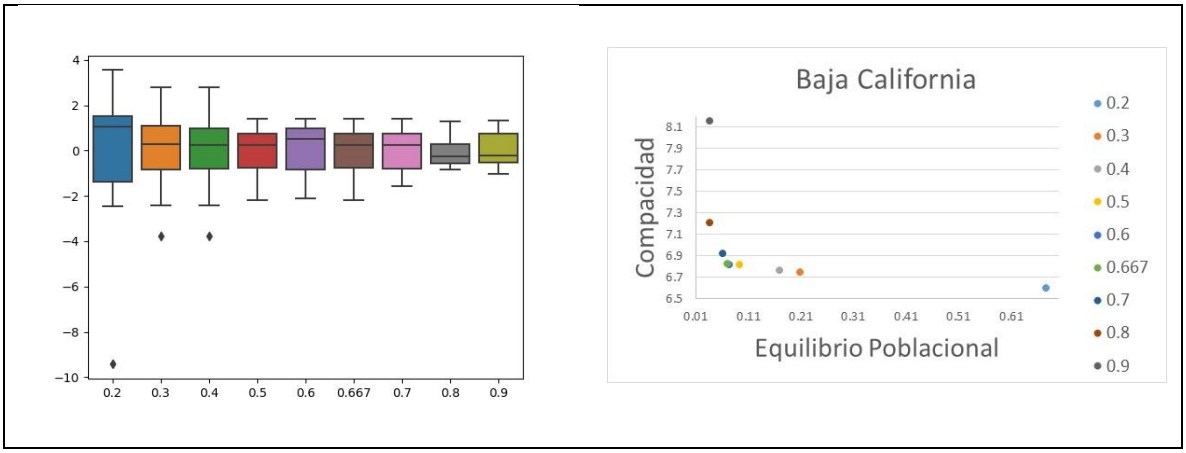
Primero se estableció que se considerarían los siguientes ponderadores $\alpha_1 \in \{0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 2/3, 0.7, 0.8, 0.9\}$, mientras que $\alpha_2 = 1 - \alpha_1$. De esta forma, se cubre un amplio espectro de opciones. Se debe destacar que la opción $\alpha_1 = 1$ y $\alpha_2 = 0.5$ es equivalente a $\alpha_1 = 2/3$ $\alpha_2 = 1/3$.

Posteriormente se acordó emplear el algoritmo ABC-RS, que sería ejecutado 30 veces para cada par de ponderadores α_1, α_2. Finalmente, la mejor solución para cada par de ponderadores se emplearía para realizar diagramas de cajas asociados al costo del equilibrio poblacional en cada uno de sus distritos, y sus costos totales de equilibrio poblacional y compacidad se incluirían en un diagrama de dispersión.

A continuación, se presenta una breve descripción de los resultados obtenidos para Baja California. En la Figura 1 se observa que los diagramas de caja presentan una dispersión más amplia cuando los ponderadores valen $\alpha_1 = 0.2$ y $\alpha_2 = 0.8$, debido a que el ponderador asociado a la compacidad es más grande que el asignado a equilibrio poblacional. Como consecuencia se producen desviaciones poblacionales que oscilan desde -9.42% hasta 3.55%. Por el otro lado, cuando los ponderadores toman los valores de $\alpha_1 = 0.9$ y $\alpha_2 = 0.1$, el equilibrio poblacional es mucho más importante que la compacidad, provocando desviaciones muy pequeñas, entre -1.03% y 1.03%. Lamentablemente, las mejoras en cualquiera de los objetivos producen deterioros en el otro, como se observa en el diagrama de

dispersión incluido en le Figura 1. Así, el peor costo de compacidad se alcanza justo cuando $\alpha_1 = 0.9$ y $\alpha_2 = 0.1$. Por lo tanto, se hace necesario encontrar un punto de equilibrio adecuado, que proporcione la importancia adecuada al equilibrio poblacional, sin que se produzca un deterioro grave en la compacidad. Tanto en los diagramas de cajas como en el diagrama de dispersión, se observa que cuando los ponderadores valen $\alpha_1 = 2/3$ y $\alpha_2 = 1/3$, se genera un punto de inflexión, ya que otros valores a su derecha o izquierda generan deterioros importantes en alguno de los dos objetivos. Por lo anterior, se concluye que en este caso la mejor propuesta debe ser $\alpha_1 = 2/3$ y $\alpha_2 = 1/3$.

Figura 1. Baja California



Un análisis semejante se realizó en otras 24 entidades federativas, los diagramas de cajas y de dispersión se presentan en las figuras 2 a 10 para algunas entidades federativas. Es importante destacar que la magnitud de los cambios entre un par de ponderadores y el siguiente varía dependiendo del caso analizado. Sin embargo, en todos se notó que los ponderadores $\alpha_1 = 2/3$ y $\alpha_2 = 1/3$ proporcionaban un buen equilibrio poblacional, sin afectar severamente la compacidad.

Conclusión

Con base en todas las pruebas y análisis realizados, se propone continuar usando los ponderadores $\alpha_1 = 1$ para equilibrio poblacional y $\alpha_2 = 0.5$ para compacidad.

Figura 2. Chiapas

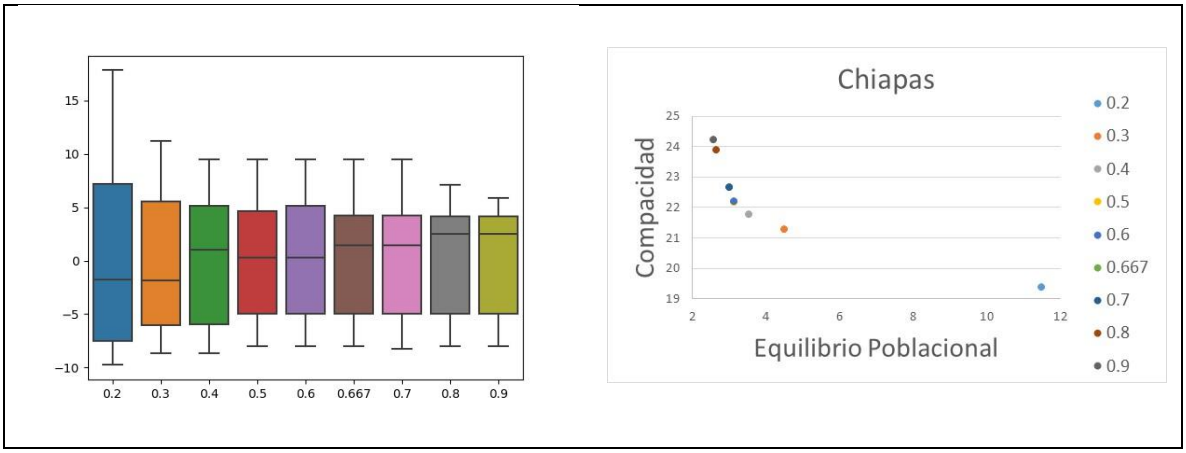


Figura 3. Chihuahua

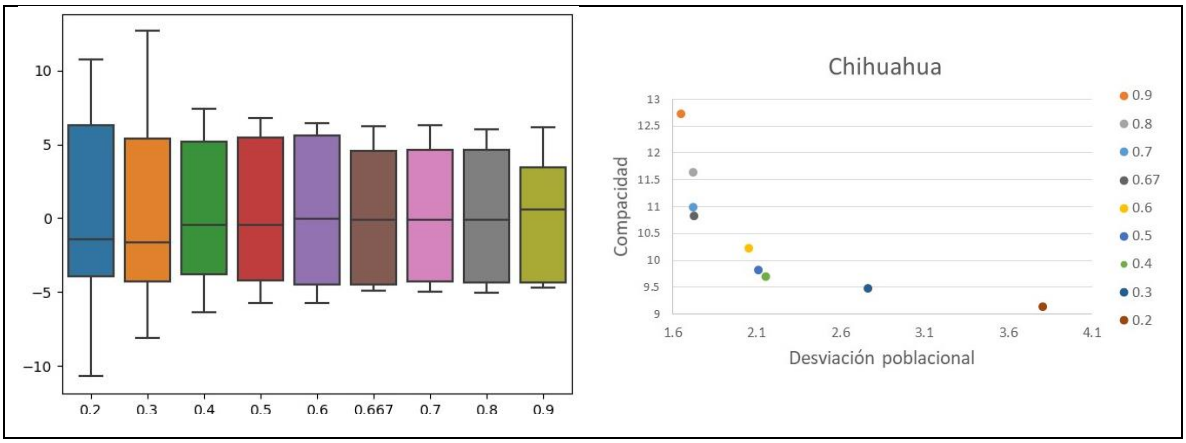


Figura 4. Ciudad de México

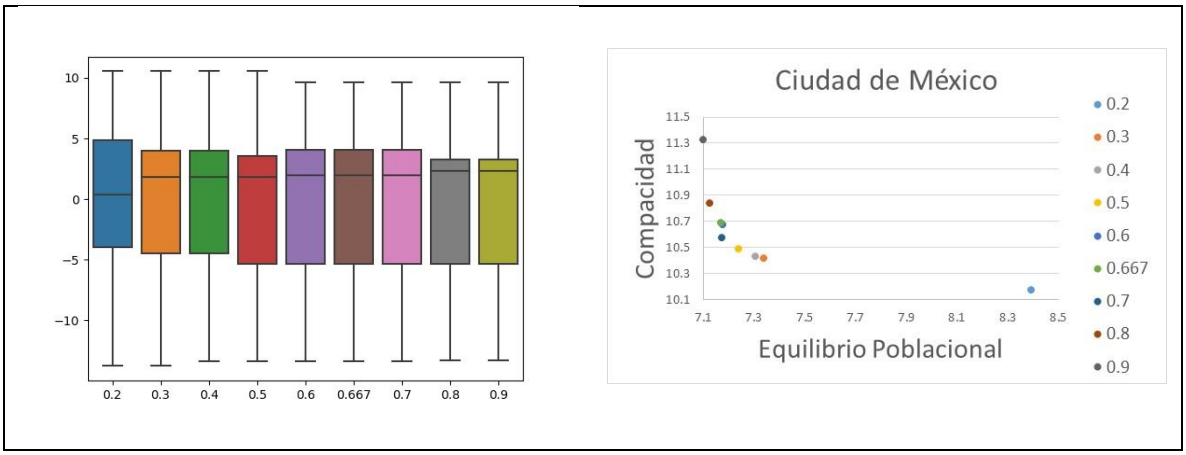


Figura 5. Coahuila

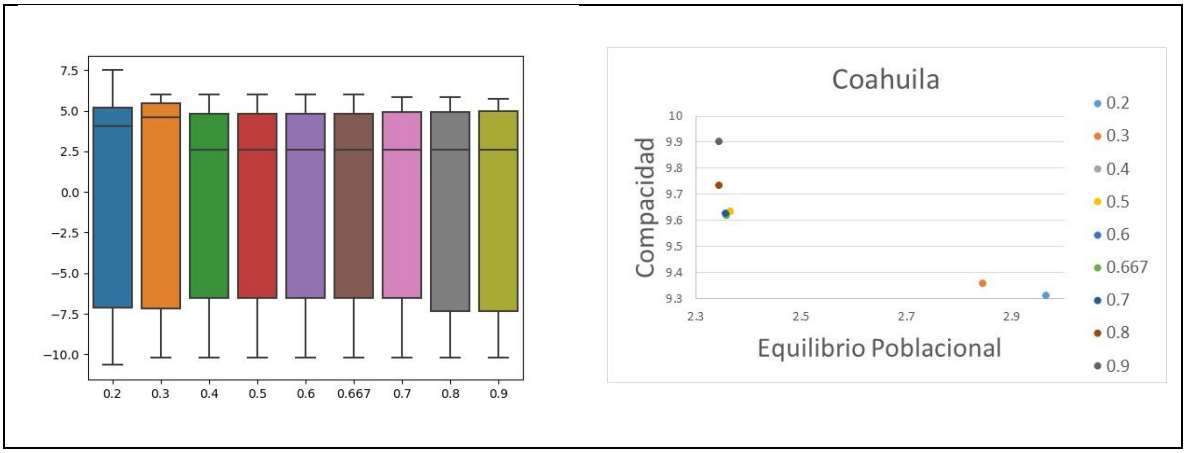


Figura 6. Colima

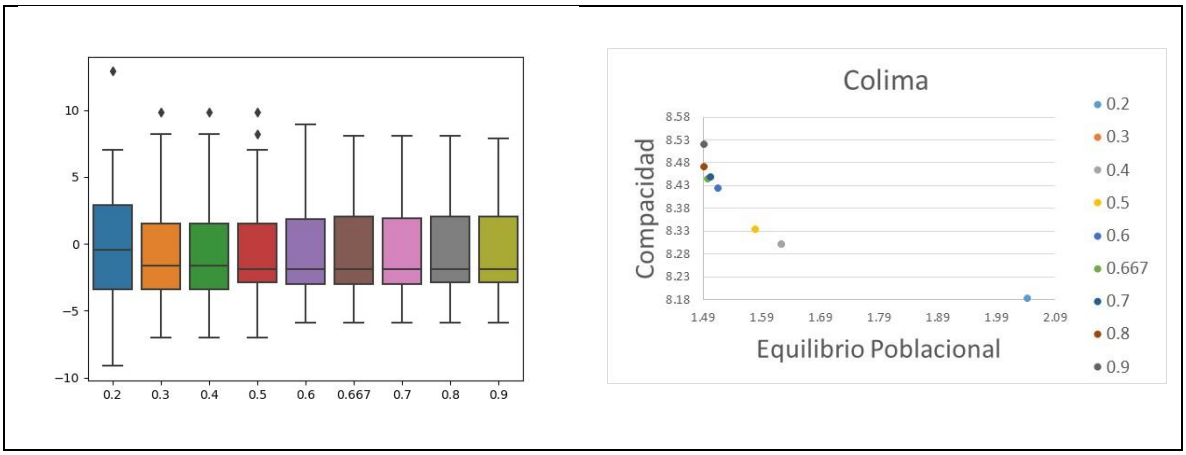


Figura 7. Durango

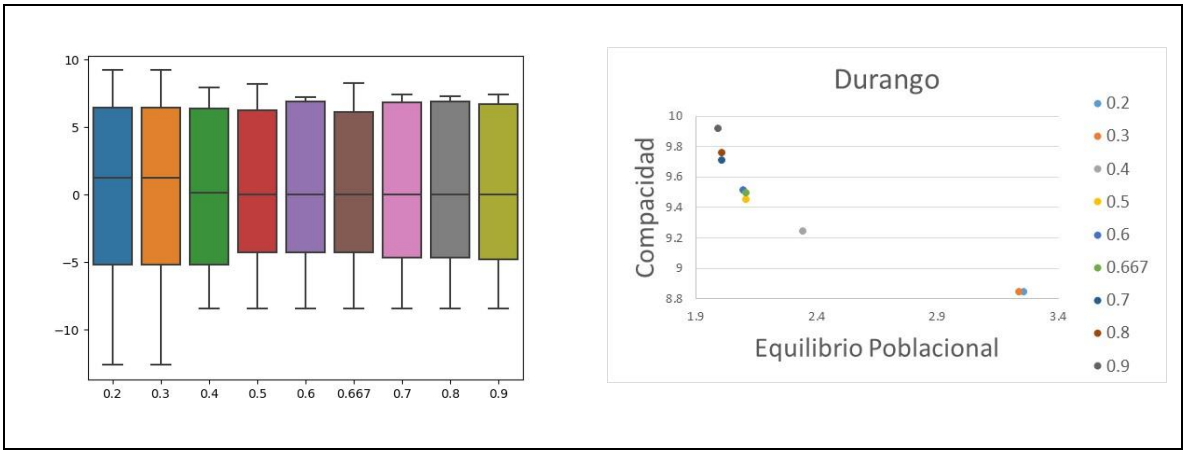


Figura 8. Estado de México

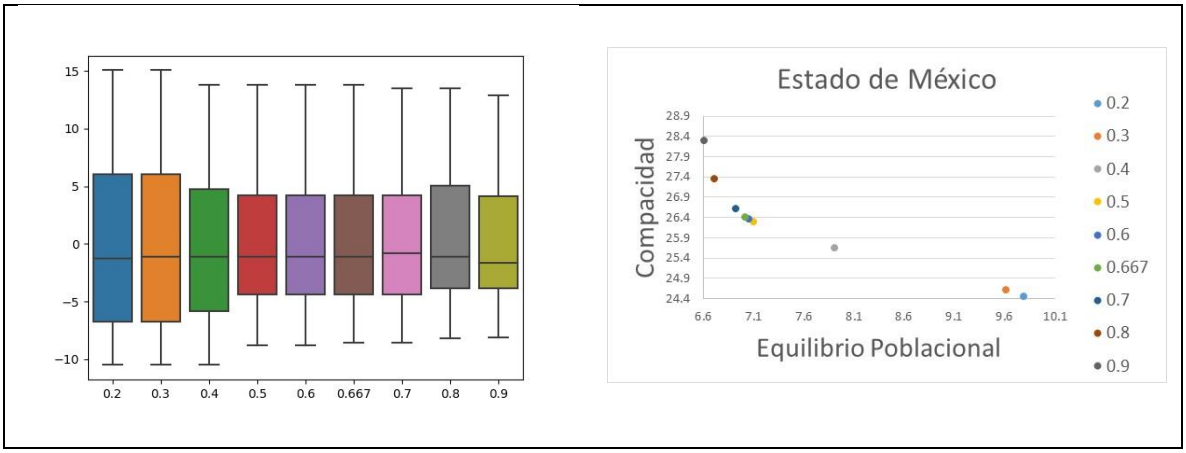


Figura 9. Guanajuato

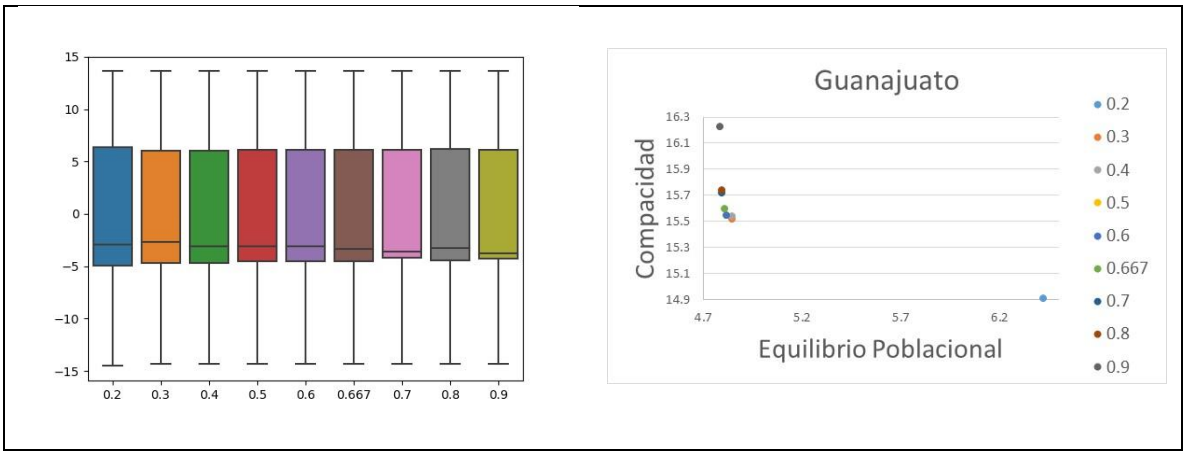
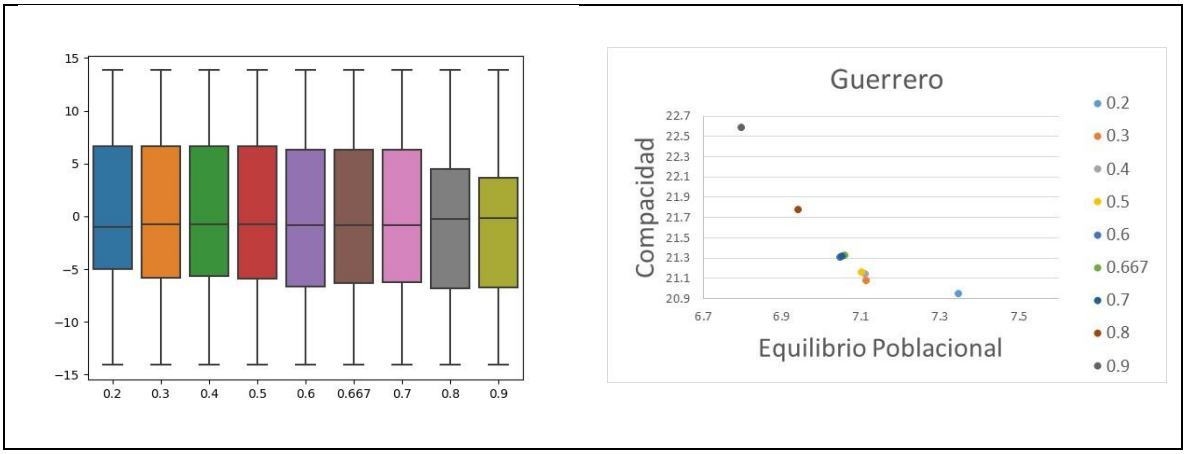


Figura 10. Guerrero



1.5 Análisis de diferentes rangos de desviación poblacional y su impacto en la generación de fracciones municipales en la delimitación de Distritos Electorales Federales

El siguiente estudio se realizó con el objetivo de Identificar los fraccionamientos municipales que se desprenden de trabajar con desviaciones poblacionales de ± 15%, 12% y 10%.

Con ese propósito, el área de cartografía de la Dirección Ejecutiva del Registro Federal de Electores proporcionó al Comité Técnico de Distritación la cartografía de las 32 entidades federativas a escala de municipio con la información asociada de la población total por municipio, utilizada en el proceso de Distritación Electoral Nacional 2014-2017, con datos del Censo de Población y Vivienda de 2010 actualizados en las Estadísticas Censales a Escalas Geoelectorales, atendiendo las diferencias existentes entre las fuentes cartográficas de INEGI e INE.

Para el análisis se utilizó la metodología empleada en el proceso de Distritación Electoral Nacional 2014-2017 denominada "Metodología y evaluación de las tipificaciones municipales".

Esta metodología se basó en dos de los criterios de distritación, equilibrio poblacional e integridad municipal, y, con un trabajo previo a la aplicación del sistema, buscaba identificar tanto a los municipios que permitieran conformar distritos completos a su interior, así como a aquellos agrupamientos municipales que favorecieran la conformación de distritos que consideraran las dos variables antes mencionadas.

El algoritmo utilizado se describe a continuación:

1. Obtener la población total del estado, P_T.
2. Obtener el número de distritos en que se partirá la entidad, n.
3. Calcular la media poblacional estatal $P_M = \frac{P_T}{n}$.
4. Calcular el índice municipal $IM_j = \frac{P_j}{P_M}$ para cada municipio *j = 1, …, m*, donde *m* es el número de municipios en la entidad federativa.
5. Aquellos municipios cuyo IM_j es tal que cumple con $.85 \leq IM_j \leq 1.15$se les asigna inicialmente un distrito completo (municipios Tipo 1).
6. Aquellos municipios cuyo IM_j es tal que exista un número entero $k \geq 2$ tal que $0.85 \leq \left|\frac{IMj}{k+1}\right| \leq 1.15$ se les asigna inicialmente k distritos completos a su interior (municipios Tipo 2). En caso de que exista k tal que $0.85 \leq \left|\frac{IMj}{k}\right| \leq 1.15$, $0.85 \leq \left|\frac{IMj}{k+1}\right| \leq 1.15$ y $\left|\frac{IMj}{k} - 1\right| \leq \left|1 \frac{IMj}{k+1} - 1\right|$ se le asigna inicialmente k distritos completos a su interior, en caso contrario, se le asignará $k + 1$ distritos completos.

7. Aquellos municipios con más de 1.15 de proporción distrital, que no caigan en el punto 6 y que agrupados con un sólo municipio vecino conformen un número entero de distritos, se les asignará este número de distritos (municipios Tipo 3). En caso de tener más de un vecino, se tomará aquel cuya desviación poblacional sea la menor y que no caiga en el caso 9 siguiente.
8. Aquellos municipios excluidos de los supuestos anteriores se agruparán para que, en asociación con otro u otros, se lleve a cabo la construcción de las demarcaciones distritales requeridas (municipios Tipo 4).
9. Identificar los municipios (del tipo 1, 2, 3, 4), ya sea porque dejen alguna región aislada de la entidad federativa o que su IM_j sea suficientemente grande para crear distritos fuera de rango; tendrán que ser divididos, para que agrupados conformen distritos dentro del rango poblacional establecido (municipios Tipo 5).

En caso de que al aplicar los puntos del 5 al 9 anteriores no se encuentre una solución técnicamente viable, se considerará como un caso de excepción y podrá recurrirse a la división de algún o algunos municipios. En estos casos, se privilegiará aquella alternativa que genere la menor desviación poblacional.

En la tabla siguientes se muestran las categorías de la tipificación municipal:

Tipo	Descripción
Tipo 1	Municipios cuyo cociente de la media estatal esté entre 0.85 y 1.15 construirán un distrito electoral.
Tipo 2	Municipios cuya proporción de población permita construir distritos enteros a su interior dentro del margen de desviación de 15 %.
Tipo 3	Municipios con más de 1.15 de proporción distrital que agrupados con un solo vecino conformen un número entero de distritos.
Tipo 4	Los municipios excluidos de los supuestos anteriores para que, en asociación con otro u otros, se lleve a cabo la construcción de las demarcaciones distritales requeridas.
Tipo 5	Identificar los municipios (del tipo 1, 2, 3, 4), ya sea porque dejen alguna región de la entidad aislada o que su índice municipal sea suficientemente grande para crear distritos fuera de rango; tendrán que ser divididos, para que agrupados conformen distritos dentro del rango poblacional establecido.

Este ejercicio se realizó según la distribución de distritos federales de la Distritación Electoral Nacional 2015-2017, como se muestra a continuación:

Clave	Entidad federativa	Distritos federales	Población (Censo 2010)
01	Aguascalientes	3	1,184,996
02	Baja California	8	3,155,070
03	Baja California Sur	2	637,026
04	Campeche	2	822,441
05	Coahuila	7	2,748,391
06	Colima	2	650,555
07	Chiapas	13	4,796,580
08	Chihuahua	9	3,406,465
09	Ciudad de México	24	8,851,080
10	Durango	4	1,632,934
11	Guanajuato	15	5,486,372
12	Guerrero	9	3,388,768
13	Hidalgo	7	2,665,018
14	Jalisco	20	7,350,682
15	México	41	15,175,862
16	Michoacán	12	4,351,037
17	Morelos	5	1,777,227
18	Nayarit	3	1,084,979
19	Nuevo León	12	4,653,458
20	Oaxaca	10	3,801,962
21	Puebla	15	5,779,829
22	Querétaro	5	1,827,937
23	Quintana Roo	4	1,325,578
24	San Luis Potosí	7	2,585,518
25	Sinaloa	7	2,767,761
26	Sonora	7	2,662,480
27	Tabasco	6	2,238,603
28	Tamaulipas	9	3,268,554
29	Tlaxcala	3	1,169,936
30	Veracruz	20	7,643,194
31	Yucatán	5	1,955,577
32	Zacatecas	4	1,490,668

Análisis

Se aplicó esta metodología para las 32 entidades federativas, considerando las desviaciones poblacionales de 15%, 12% y 10%, y se identificaron los municipios que debían fraccionarse para cada una de las entidades y el número de distritos que se conformarían con una o más fracciones municipales. De las cuales se obtuvieron los siguientes municipios fraccionados, así como el número de distritos con fracciones municipales:

Entidad	Municipios fraccionados						Distritos con fracciones municipales		
	15%		12%		10%		15%	12%	10%
Aguascalientes	0		0		0		0	0	0
Baja California	2	Mexicali Ensenada	2	Mexicali Ensenada	2	Mexicali Ensenada	• 1 distrito con 2 fracciones	• 1 distrito con 2 fracciones	• 1 distrito con 2 fracciones
Baja California Sur	1	La Paz	1	La Paz	1	La Paz	• 2 distritos con 1 fracción c/u	• 2 distritos con 1 fracción c/u	• 2 distritos con 1 fracción c/u
Campeche	0		0		0		0	0	0
Coahuila	1	Torreón Norte	1	Torreón Norte	1	Torreón Norte	• 1 distrito con 1 fracción	• 1 distrito con 1 fracción	• 1 distrito con 1 fracción
Colima	0		0		0		0	0	0
Chiapas	2	Tuxtla Gutiérrez Tapachula	2	Tuxtla Gutiérrez Tapachula	2	Tuxtla Gutiérrez Tapachula	• 3 con 1 fracción c/u	• 3 con 1 fracción c/u	• 3 con 1 fracción c/u
Chihuahua	1	Juárez	1	Juárez	1	Juárez	• 1 con 1 fracción	• 1 con 1 fracción	• 1 con 1 fracción
Ciudad de México	4	Cuauhtémoc Coyoacán V. Carranza Xochimilco	7	Azcapotzalco Cuauhtémoc V. Carranza Tlalpan Magdalena Contreras Coyoacán Xochimilco	7	Azcapotzalco Cuauhtémoc V. Carranza Tlalpan Magdalena Contreras Coyoacán Xochimilco	• 1 con 1 fracción • 2 con 2 fracciones	• 3 con 1 fracción • 1 con 1 fracción • 1 con 3 fracciones	• 3 con 1 fracción • 1 con 2 fracciones • 1 con 3 fracciones
Durango	1	Durango	1	Durango	1	Durango	• 1 distrito con 1 fracción	• 1 distrito con 1 fracción	• 1 distrito con 1 fracción
Guanajuato	2	Celaya Irapuato	2	Celaya Irapuato	2	Celaya Irapuato	• 2 distritos con 1 fracción	• 2 distritos con 1 fracción	• 2 distritos con 1 fracción
Guerrero	0		0		0		0	0	0
Hidalgo	0		0		0		0	0	0
Jalisco	2	San Pedro Tlaquepaque Tonalá	3	Zapopan San Pedro Tlaquepaque Tonalá	3	Zapopan San Pedro Tlaquepaque Tonalá	• 1 distrito con 2 fracciones	• 1 distrito con 2 fracciones • 1 distrito con 1 fracción	• 1 distrito con 2 fracciones • 1 distrito con 1 fracción

Entidad	Municipios fraccionados						Distritos con fracciones municipales		
	15%		12%		10%		15%	12%	10%
México	7	Ecatepec Cuautitlán I. Atizapán Z. Tlalnepantla Poniente Tultepec Ixtapaluca Chicoloapan	8	Ecatepec Atizapán Z. Tlalnepantla Poniente Naucalpan Chimalhuacán Ixtapaluca Cuautitlán Tultepec	9	Ecatepec Atizapán Z. Tlalnepantla Poniente Naucalpan Chimalhuacán Ixtapaluca Cuautitlán Tultepec Toluca	• 5 distritos con 1 fracción • 1 distrito con 3 fracciones	• 7 distritos con 1 fracción • 1 distrito con 3 fracciones	• 8 distritos con 1 fracción • 1 distrito con 3 fracciones
Michoacán	0		0		0		0	0	0
Morelos	0		0		0		0	0	0
Nayarit	0		0		0		0	0	0
Nuevo León	2	Guadalupe Apodaca	3	Guadalupe Apodaca San Nicolas de los Garza	3	Guadalupe Apodaca San Nicolas de los Garza	• 1 distrito con 2 fracciones	• 1 distrito con 2 fracciones y 1 distrito con 1 fracción	• 1 distrito con 2 fracciones y 1 distrito con 1 fracción
Oaxaca	0		0		0		0	0	0
Puebla	0		0		0		0	0	0
Querétaro	0		0		1	Querétaro	0	0	• 1 distrito con 1 fracción
Quintana Roo	0		0		0		0	0	0
San Luis Potosí	0		0		0		0	0	0
Sinaloa	2	Culiacán Mazatlán	2	Culiacán Mazatlán	2	Culiacán Mazatlán	• 1 distrito con 1 fracción • 1 distrito con 2 fracciones	• 1 distrito con 1 fracción • 1 distrito con 2 fracciones	• 1 distrito con 1 fracción • 1 distrito con 2 fracciones
Sonora	0		0		0				
Tabasco	1	Centro	2	Centro Cárdenas	2	Centro Cárdenas	• 1 distrito con una fracción	• 3 distritos con 1 fracción cada 1	• 3 distritos con 1 fracción cada 1
Tamaulipas	3	Reynosa Matamoros Cd. Madero	3	Reynosa Matamoros Cd. Madero	3	Reynosa Matamoros Cd. Madero	• 3 distritos con 1 fracción cada 1	• 3 distritos con 1 fracción cada 1	• 3 distritos con 1 fracción cada 1
Tlaxcala	0		0		0		0	0	0
Veracruz	2	Veracruz Xalapa	2	Veracruz Xalapa	2	Veracruz Xalapa	• 2 distritos con 1 fracción cada 1	• 2 distritos con 1 fracción cada 1	• 2 distritos con 1 fracción cada 1
Yucatán	0		0		0		0	0	0
Zacatecas	0		0		0		0	0	0

En el cuadro de las páginas previas se observa que:

- Al considerar una desviación poblacional del ±10%, 52 distritos presentarían fracciones municipales, es decir, el **17.3%** de los distritos electorales federales.
- Si se considera una desviación poblacional del ±12%, 50 distritos presentarían fracciones municipales, equivalentes al **16.6%** de la totalidad de los distritos.
- Con el ejercicio de desviación poblacional del ±15%, el número de distritos con fracciones municipales disminuye a 42, que representan el **14%** de la totalidad de los distritos federales.

Comportamientos generales

De lo anterior es posible clasificar las entidades en tres tipos:

1. Entidades que para los tres rangos de desviación poblacional no tienen fracciones municipales, es decir, se conforman únicamente por municipios de tipo 1, 2 y 4.

- En este grupo se encuentran la mitad de las entidades del país, las cuales son: Aguascalientes, Campeche, Colima, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Tlaxcala, Yucatán y Zacatecas.
  Estas 16 entidades cuentan con 98 distritos electorales en total. Por tanto, para este ejercicio, estos 98 distritos no se modifican sin importar si existe un cambio en el rango de desviación poblacional utilizado.

2. Entidades que presentan municipios fraccionados y por tanto, distritos con fracciones municipales y, al realizar los ejercicios con tres rangos de desviación poblacional distintas, no aumentan el número de fraccionamientos.

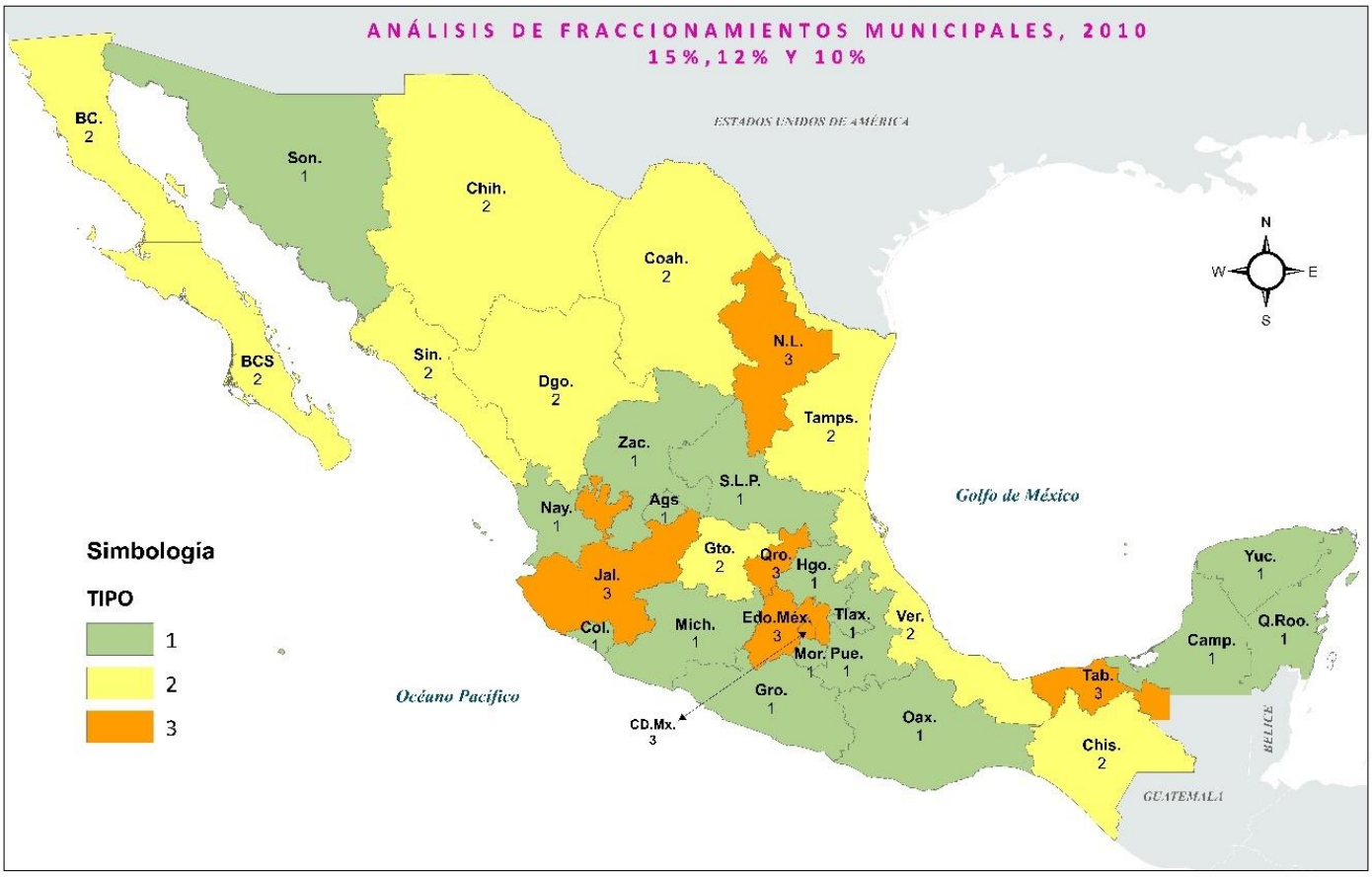
- En este grupo se encuentran diez entidades y tienen en conjunto un total de 94 distritos electorales. De estos 94 distritos, 18 cuentan con al menos una fracción municipal, lo que representa el 19.1 por ciento de los distritos en este grupo de entidades. Es decir que, sin importar si se modifica la desviación poblacional entre 15, 12 o 10 por ciento, de cualquier manera 18 distritos tendrán alguna fracción municipal. Estos resultados se aprecian en la tabla siguiente.

Entidad federativa	Total de distritos	Distritos con fracciones de municipio 15%, 12% y 10%		Porcentaje de Distritos con fracciones
		Distritos con fracción	Total de fracciones	
Baja California	8	1	2	12.5
Baja California Sur	2	2	2	100.0
Coahuila de Zaragoza	7	1	1	14.3
Chiapas	13	3	3	23.1
Chihuahua	9	1	1	11 .1
Durango	4	1	1	25.0
Guanajuato	15	2	2	13.3
Sinaloa	7	2	3	28.6
Tamaulipas	9	3	3	33.3
Veracruz	20	2	2	10.0

3. Entidades cuyos municipios fraccionados y distritos con fracciones municipales aumentan conforme se reduce el margen de desviación poblacional utilizado. En este grupo se encuentran seis entidades y tienen en conjunto un total de 108 distritos electorales.

Entidad	Total de distritos	Distritos con fraccionamiento municipal			Porcentaje de distritos fraccionados		
		15%	12%	10%	15%	12%	10%
Ciudad de México	24	3	5	5	12.5	20.8	20.8
Jalisco	20	1	2	2	5	10	10.0
México	41	6	8	9	14.6	19.5	22.0
Nuevo León	12	1	2	2	8.3	16.7	16 .7
Querétaro	5	0	0	1	0	0	20.0
Tabasco	6	1	3	3	16.7	50	50.0
Total	**108**	**12**	**20**	**22**	**11.1**	**18.5**	**20.4**

En el mapa de la página siguientes se identifican las entidades federativas de acuerdo con el tipo al que pertenecen.


ANÁLISIS DE FRACCIONAMIENTOS MUNICIPALES, 2010
15%,12% Y 10%
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA
BC. 2
Son. 1
Chih. 2
Coah. 2
N.L. 3
Tamps. 2
Sin. 2
Dgo. 2
BCS 2
Zac. 1
S.L.P. 1
Nay. 1
Ags 1
Golfo de México
Gto. 2
Qro. 3
Hgo. 1
Jal. 3
Col. 1
Mich. 1
Edo.Méx. 3
Tlax. 1
Ver. 2
Mor. Pue. 1
Gro. 1
CD.Mx. 3
Océano Pacífico
Oax. 1
Tab. 3
Chis. 2
Yuc. 1
Q.Roo. 1
Camp. 1
BELICE
GUATEMALA
N
W
E
S
Simbología
TIPO
1
2
3

Síntesis de resultados

1. En el presente ejercicio realizado con datos de 2010, seis entidades presentan aumentos en los fraccionamientos municipales al disminuir la desviación poblacional.
2. En el ejercicio realizado, el número máximo de fracciones al interior de un distrito es de tres (Estado de México).
3. La mayoría de las entidades con fraccionamientos oscilan entre uno y dos distritos con fraccionamiento.
4. En el escenario de mayor desviación (15%) el mayor fraccionamiento es de cinco distritos con fracciones.
5. En el escenario de menor desviación (10%), el mayor fraccionamiento es de nueve distritos con fracciones.

Conclusión

Conforme a los resultados obtenidos en el estudio de las páginas previas, el intervalo de desviación poblacional que se recomienda utilizar es el de ±15% para no aumentar los municipios fraccionados y por tanto el número de distritos con fracciones municipales.

1.6 Tiempos de traslado en la función objetivo

Una vez que se estableció la importancia de incorporar la variable tiempos de traslado como un objetivo para ser optimizado, se hizo necesario determinar el índice que se emplearía para incorporarlo en la función objetivo, así como el ponderador que lo acompañaría.

Hasta ese momento el costo asociado al equilibrio poblacional y la compacidad se calculaba de la siguiente forma.

El costo por equilibrio poblacional para un distrito electoral D_j está dado por la Ecuación 1:

$$C_1(D_j) = \left(\frac{1 - {P_{D_j}}/{P_M}}{0.15} \right)^2 \quad (1)$$

Donde:

D_j = es un distrito electoral formado por un conjunto de unidades geográficas (secciones y/o municipios)

P_{D_j}, es la población del distrito j

P_M, es la población media estatal

0.15 = Desviación máxima permitida de la media estatal

Por otro lado, el costo por compacidad para un distrito D_j está dado por la Ecuación 2:

$$C_2(D_j) = \frac{\text{Perímetro de } D_j}{\sqrt{\text{Área de } D_j}} * 0.25 - 1 \quad (2)$$

Finalmente, hasta este momento la función objetivo estaba dada por la Ecuación 3.

$$f(E) = \sum_{j=1}^{k} C_1(D_j) + 0.5 \sum_{j=1}^{k} C_2(D_j) \quad (3)$$

Donde:

k, es el número de distritos que deben generarse

Ahora bien, para calcular los tiempos de traslado se estableció que sólo se considerarían las localidades con más de 2,500 habitantes, por lo cual se acordó seguir el siguiente procedimiento.

Sea $E = \{D_1, D_2, \dots, D_k\}$ un escenario de un estado con *k* distritos y sean $l_1, l_2, \dots, l_n$ las localidades de más de 2,500 habitantes del estado asociados a una sección en particular. Sea $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ el conjunto de todas las secciones asociadas a una localidad.

El escenario E induce una partición, $P = \{L_1, L_2, \dots, L_k\}$, en conjuntos de localidades donde $l_i \epsilon L_j$ si el centroide l_i cae dentro del distrito D_j.

De esta forma, el tiempo total de traslado dentro de un distrito D_j, viene dado por:

$$T_j = \sum_{l_p \epsilon L_j} \sum_{l_q \epsilon L_j} t(l_p, l_q) \qquad (4)$$

Donde:

$t(l_p, l_q)$, es el tiempo de traslado de la sección l_p a l_q

$t(l_p, l_q) = 0$ si $l_p = l_q$

Debe observarse que la doble sumatoria tiene $|L_j| * (|L_j| - 1)$ sumandos, donde $|L_j|$ es el número de elementos que tiene el conjunto L_j. Así que el *tiempo promedio de traslado* en cada distrito D_j puede calcularse como:

$$\bar{T}_j = \frac{\sum_{l_p \epsilon L_j} \sum_{l_q \epsilon L_j} t(l_p, l_q)}{|L_j| \cdot (|L_j| - 1)} \qquad (5)$$

De esta forma, los tiempos de traslado del escenario *E* se pueden calcular como:

$$\bar{T}_1 + \bar{T}_2 + \cdots + \bar{T}_k \qquad (6)$$

Es importante destacar que estos valores dependen del escenario *E*, por lo que si el escenario cambia los valores podrían cambiar.

Por otro lado, se puede calcular el tiempo de traslado dentro de todo el estado de la siguiente forma:

$$T_{Es} = \sum_{l_p \epsilon L} \sum_{l_q \epsilon L} t(l_p, l_q) \qquad (7)$$

Donde:

$t(l_p, l_q) = 0$ si $l_p = l_q$

Pero esta última doble sumatoria tiene todas las sumatorias en $T_1, T_2, \dots, T_k$ y más, ya que $n = |L_1| + |L_2| + \cdots + |L_k|$ así que T_{Es} tiene $n(n-1)$ términos. Por lo tanto, el tiempo promedio de traslado dentro del estado está dado por:

$$\bar{T}_{Es} = \frac{\sum_{l_p \epsilon L} \sum_{l_q \epsilon L} t(l_p, l_q)}{n(n-1)} \quad (8)$$

En este caso, se debe observar que $\bar{T}_{Es}$ no depende del escenario, por lo que es un valor inherente a la entidad federativa en cuestión.

Finalmente, se propone emplear como índice del tiempo de traslado la Ecuación 9:

$$I_E = \frac{\bar{T}_1 + \bar{T}_2 + \cdots + \bar{T}_k}{\bar{T}_{Es}} \quad (9)$$

Se debe mencionar que I_E es un índice adimensional cuyo valor indica que tan comunicado está el escenario propuesto. Valores "grandes" indicarían que el escenario propuesto está mal comunicado en uno o más distritos y valores "pequeños" indicarían que el escenario tiene buena comunicación dentro de sus distritos.

De esta forma, se propone emplear la siguiente función objetivo

$$f(E) = \alpha_1 \sum_{j=1}^{k} C_1(D_j) + \alpha_2 \sum_{j=1}^{k} C_2(D_j) + \alpha_3 I_E \quad (3)$$

Ahora bien, para determinar los valores asociados a los ponderadores α_1, α_2 y α_3, se realizaron varios experimentos. Como ya se habían realizado varias pruebas para α_1 y α_2, se acordó considerar $\alpha_1 \in \{0.5, 0.6, 2/3, 0.7\}$, mientras que $\alpha_2 = 1 - \alpha_1$. Por otro lado, como no se conocía la influencia del tercer indicador, I_E, en la función objetivo se determinó considerar varios casos, por lo que $\alpha_3 \in \{0, 0.1, 0.2, 0.3 \ldots, 1.4, 1.5\}$. Se consideraron escenarios en Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Estado de México, Jalisco, Oaxaca, Puebla y San Luis Potosí. En estas pruebas era importante determinar si había cambios que llevaran a elegir diferentes escenarios, por la inclusión del tercer objetivo. Se observó que, en efecto, al cambiar el ponderador asociado a tiempos de traslado se podría considerar a diferentes escenarios como las mejores opciones, pero estos cambios eran pocos. De hecho, en la mayoría de los casos un mismo escenario era evaluado como la mejor opción cuando $\alpha_3 \in \{0, 0.1, 0.2, 0.3\}$, y un segundo escenario era considerado la mejor opción en los casos restantes.

En la Tabla 1 se presenta un extracto de los resultados en un análisis en San Luis Potosí. El primer renglón indica el ponderador asignado al indicador de tiempos de traslado, desde 0 hasta 0.8, no se incluyen los ponderadores de 0.9 a 1.5 por razones de espacio. En los 11 renglones restantes se consideraron un escenario diferente

por renglón, y los valores en cada celda corresponden a la evaluación de la función objetivo dada por la Ecuación 3. Finalmente, se resaltó en rojo el menor costo para cada columna. Como se mencionó anteriormente, los mejores escenarios sólo fueron dos, uno de ellos, ubicado en el renglón 11, fue la opción de menor costo cuando $\alpha_3 \in \{0,0.1,0.2,0.3\}$. Mientras que el escenario ubicado en el renglón 7 obtuvo los mejores costos en los casos restantes.

Tabla 1. Costos de la función objetivo para diferentes ponderadores de tiempos de traslado.

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
1	4.11579	4.39738	4.67896	4.96055	5.24213	5.52372	5.80530	6.08689	6.36847
2	3.99104	4.27033	4.54962	4.82891	5.10821	5.38750	5.66679	5.94608	6.22537
3	3.99100	4.26656	4.54211	4.81766	5.09322	5.36877	5.64433	5.91988	6.19543
4	3.994056	4.27682	4.55960	4.84237	5.12514	5.40791	5.69068	5.97346	6.25623
5	3.990459	4.26373	4.53701	4.81029	5.08357	5.35685	5.63013	5.90341	6.17669
6	4.019076	4.26803	4.51699	4.76594	5.01490	5.26386	5.51282	5.76177	6.01073
7	3.974215	4.22327	4.47233	4.72139	4.97045	5.21952	5.46858	5.71764	5.96670
8	4.026288	4.33211	4.63794	4.94377	5.24959	5.55542	5.86125	6.16708	6.47290
9	4.028809	4.32940	4.62999	4.93058	5.23117	5.53177	5.83236	6.13295	6.43354
10	3.89469	4.18971	4.48472	4.77973	5.07475	5.36976	5.66478	5.95979	6.254811
11	3.87605	4.17398	4.47190	4.76983	5.06775	5.36568	5.66360	5.96153	6.259455

Un comportamiento semejante se observó en todos los casos analizados, por lo cual se consideró que el ponderador $\alpha_3 = 0.4$ es la mejor opción para la función objetivo, ya que es el punto en el cual la adición del tiempo de traslado produce una diferencia en los escenarios seleccionados, por lo que marca una influencia en el criterio de selección.

Finalmente, como conclusión de todos los experimentos y análisis se propuso que la función objetivo se establezca como:

$$f(E) = 1.0\sum_{j=1}^{k} C_1(D_j) + 0.5\sum_{j=1}^{k} C_2(D_j) + 0.4I_E \qquad (4)$$

1.7 Municipios multipolígono. Diagnóstico sobre posibles excepciones a la continuidad geográfica

El siguiente estudio se elaboró con el objetivo de analizar la pertinencia de considerar como vecinos a los *municipios multipolígono discontinuos* cuando tengan población registrada en el Padrón electoral.

El principio conceptual es que las personas tienen identidad con el municipio del cual reciben servicios y realizan sus trámites y pagos.

Al no considerarlos vecinos, es probable que en el proceso de distritación algunos polígonos queden incorporados en distritos conformados principalmente por otro u otros municipios, rompiendo la identidad cultural y administrativa mencionada.

Cuando los polígonos no tienen datos del Padrón; es decir, están en cero, simplemente se eliminan y no juegan en las divisiones territoriales para efectos de la distritación.

Muchos son discontinuos porque son islas y están asignados a un municipio continental. Si tienen población, se considerarán parte vecina de su tramo continental. Si no tienen personas en el Padrón, se consideran polígonos en cero y no se toman en cuenta para el ejercicio de distritación.

Puede haber polígonos con misma clave de sección y con población en el padrón en más de un espacio al interior del mismo municipio y no habría por qué alterar esa geografía; porque están dentro del mismo municipio. No son disjuntos.

Lo relevante es cuando el o los polígonos con población en Padrón pertenecen a un municipio, pero están físicamente en otro. Aquí es donde parecería conveniente romper el criterio de continuidad y considerar esos polígonos como vecinos del municipio al que pertenecen.

En cuanto a los polígonos en cero podrían "eliminarse" para efectos del ejercicio de redistritación; y estos casos son la mayoría.

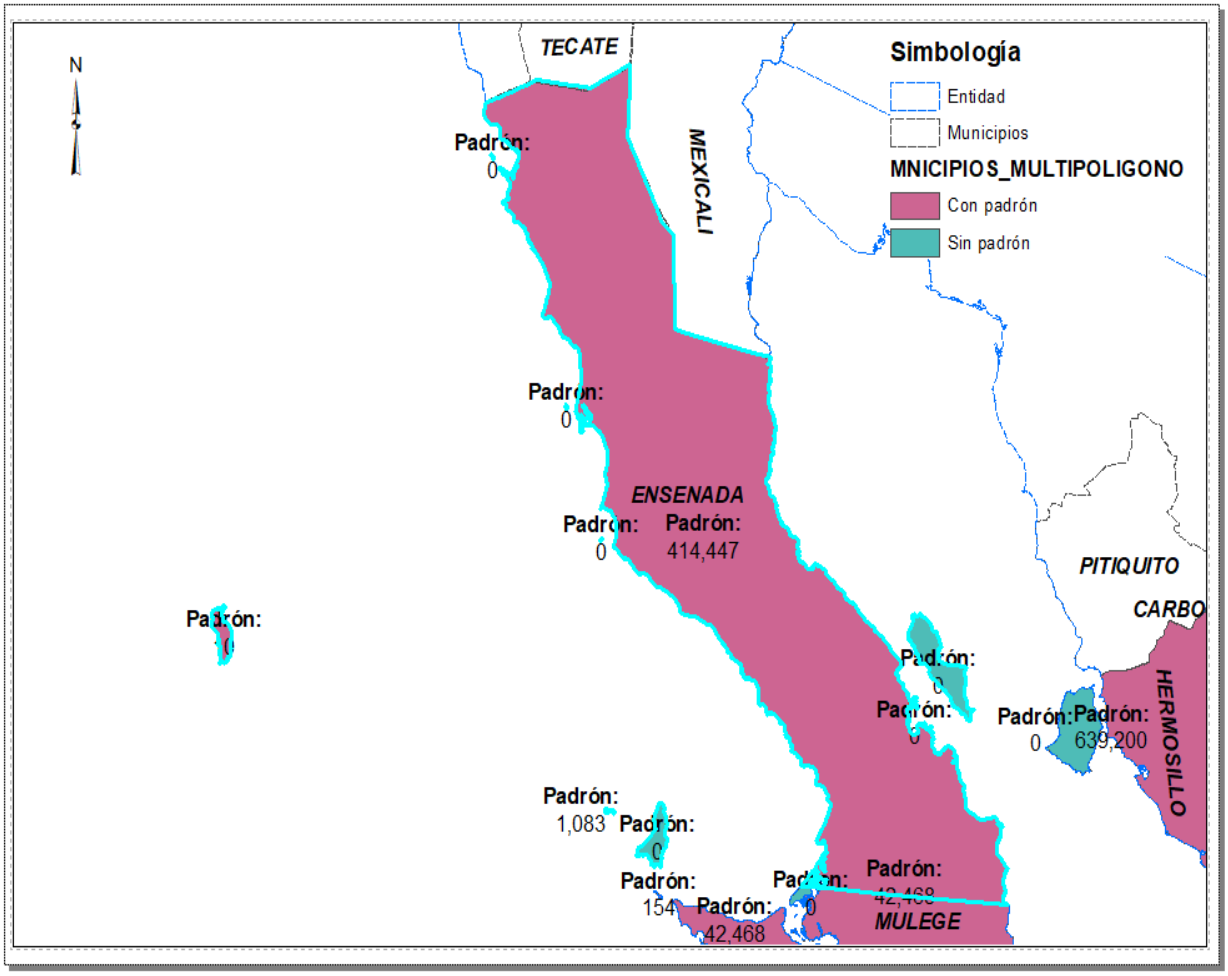
Mientras que los polígonos dentro del mismo municipio (secciones fraccionadas) no causan problemas de discontinuidad.

Son únicamente los polígonos que pertenecen a un municipio pero que están geográficamente en otro los que hay que atender.

A continuación se ejemplifica de cada una de estas posibilidades geográficas y se da cuenta del número de casos que existen:

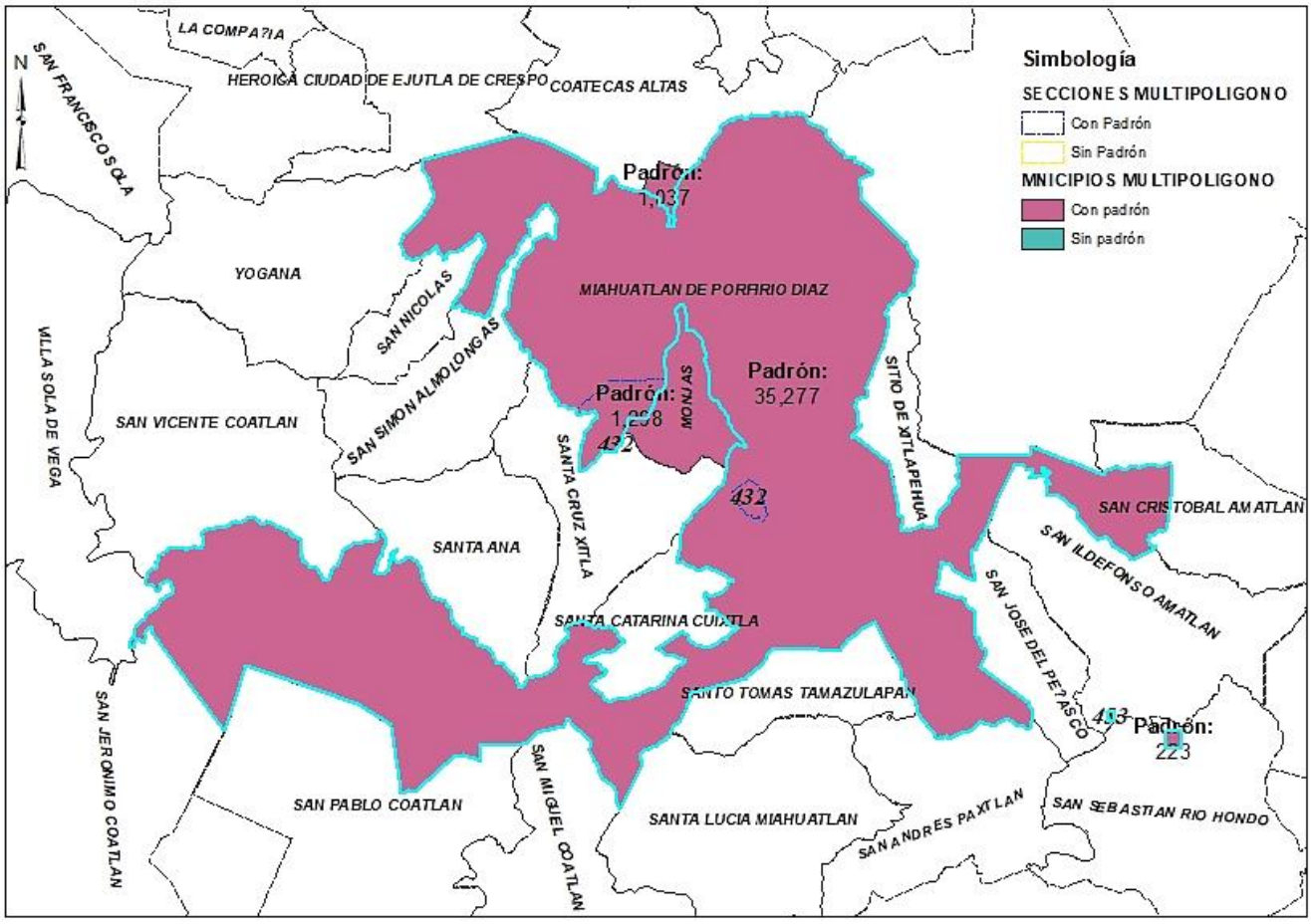
Municipios costeros

Se tienen 20 municipios costeros. Sus discontinuidades corresponden a islas.



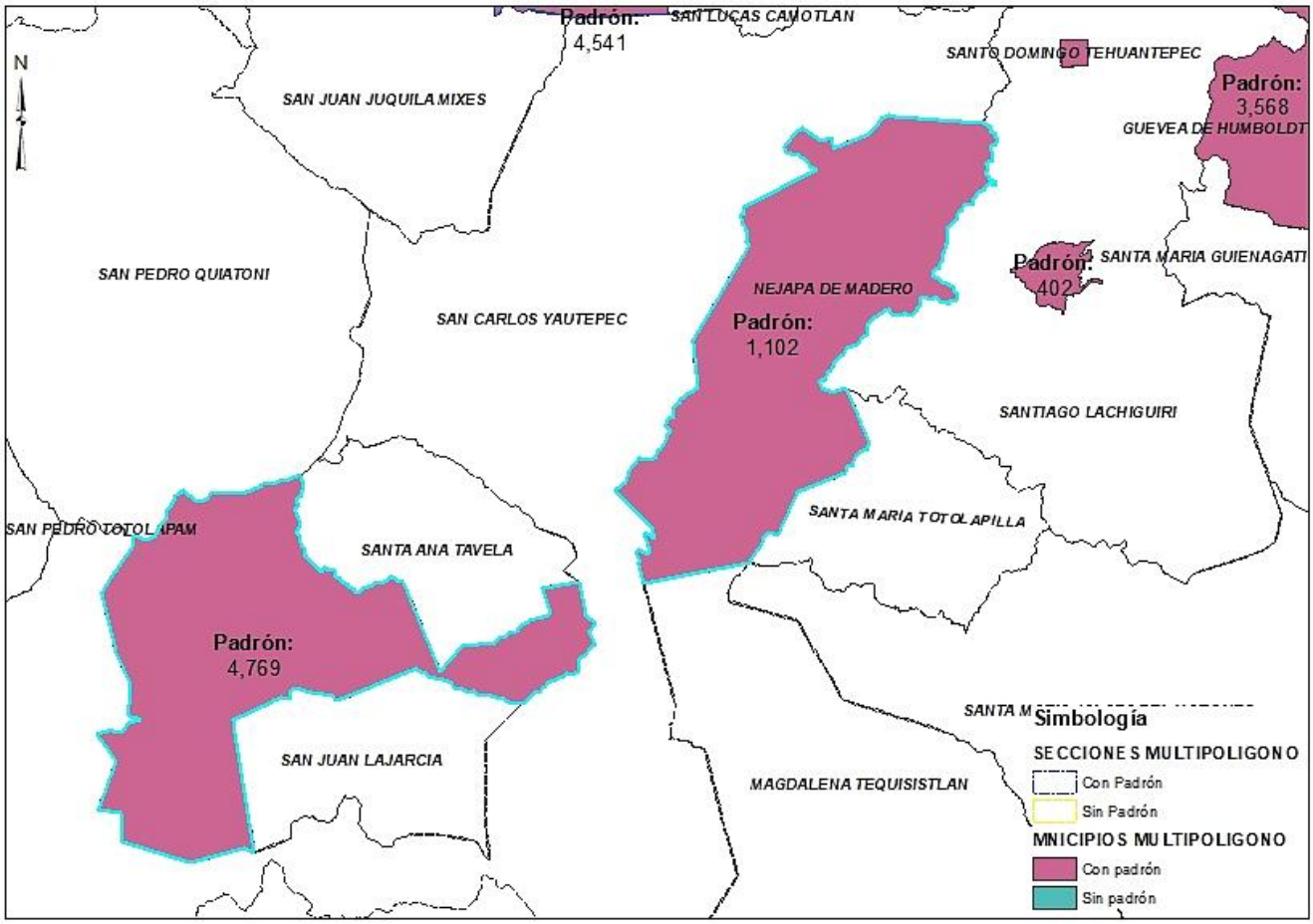
Municipios con fracciones al interior de otro municipio

47 municipios (multipolígono) con alguna(s) fracciones al interior de otro (s) municipio (s).



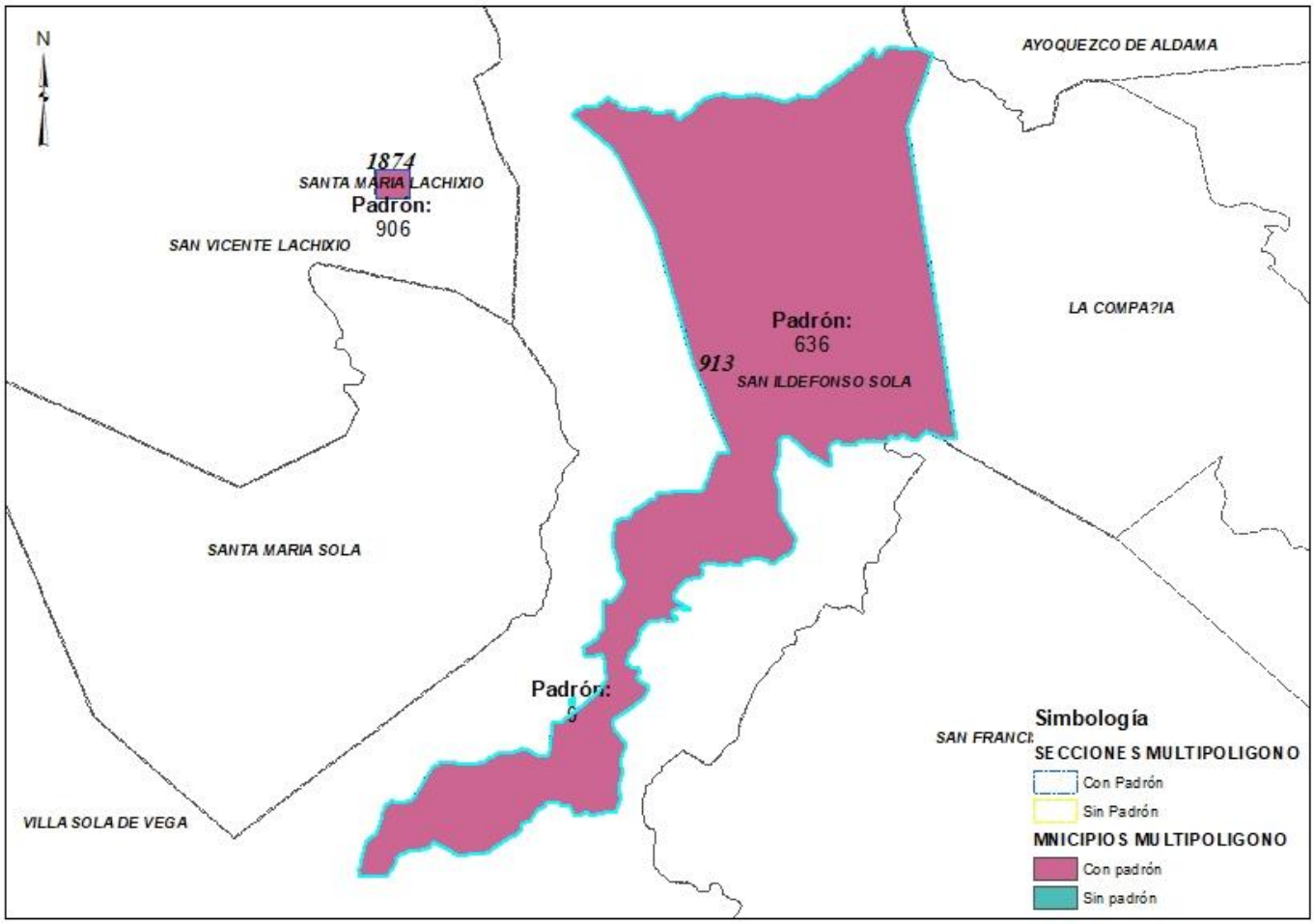
Municipios divididos por otros municipios enteros

29 municipios (multipolígono) divididos por otros municipios enteros.



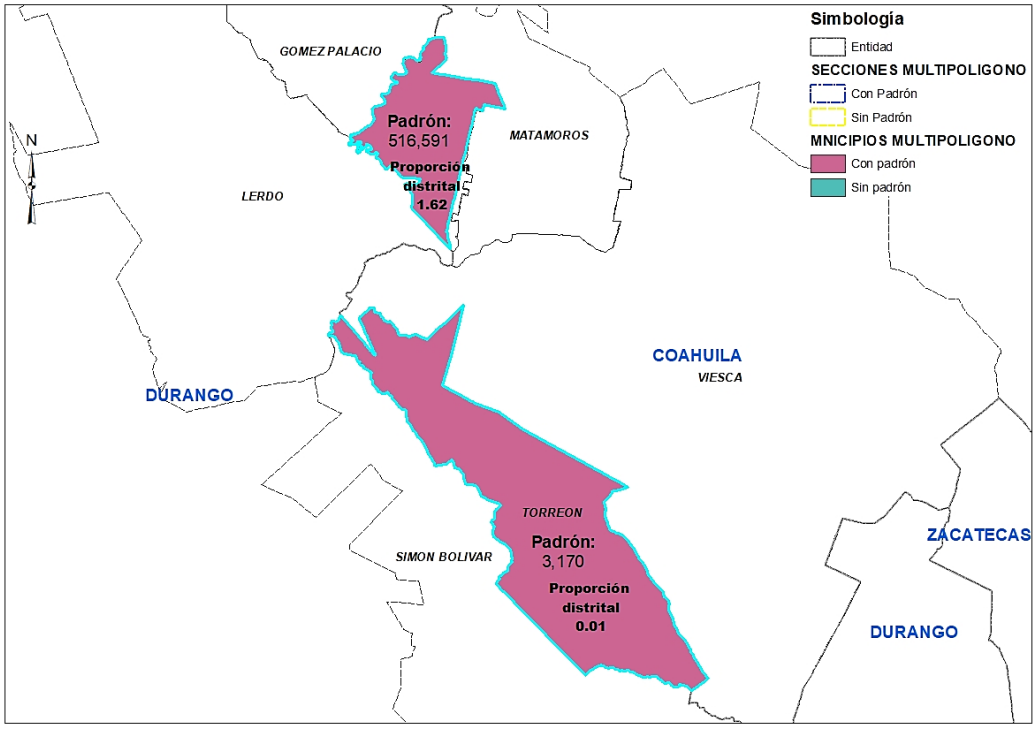
Municipios con fracciones con población cero

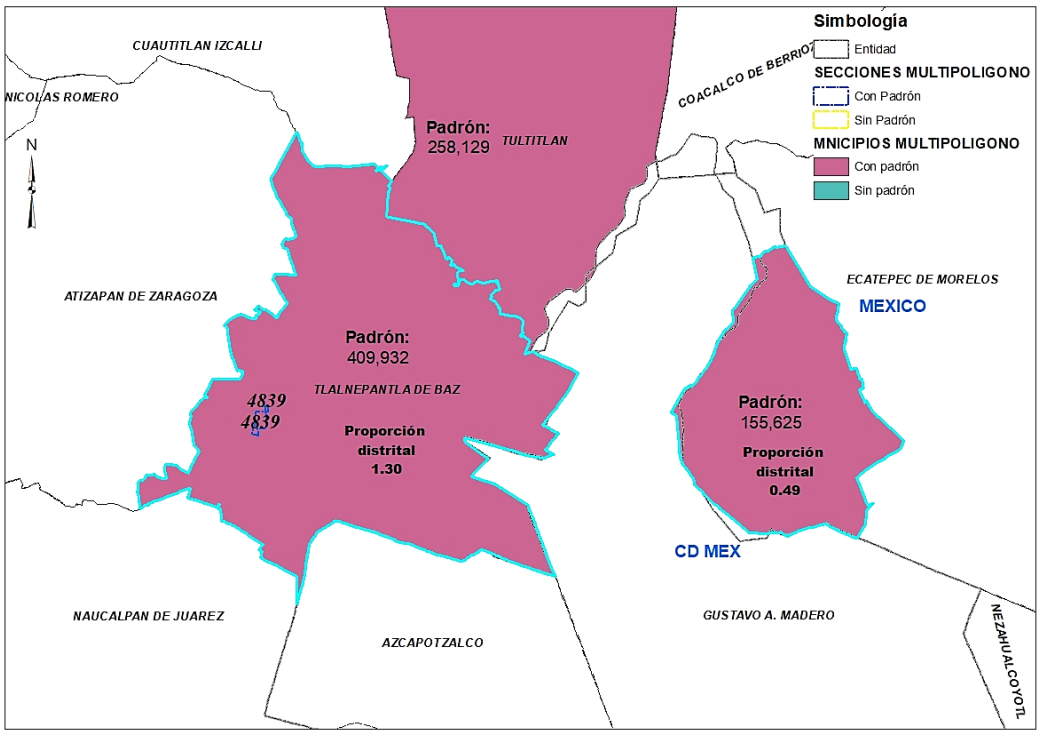
1 municipio (multipolígono) se soluciona al desaparecer las fracciones con cero población. San Ildefonso Sola, Oaxaca.



Municipios con excedente en la media poblacional

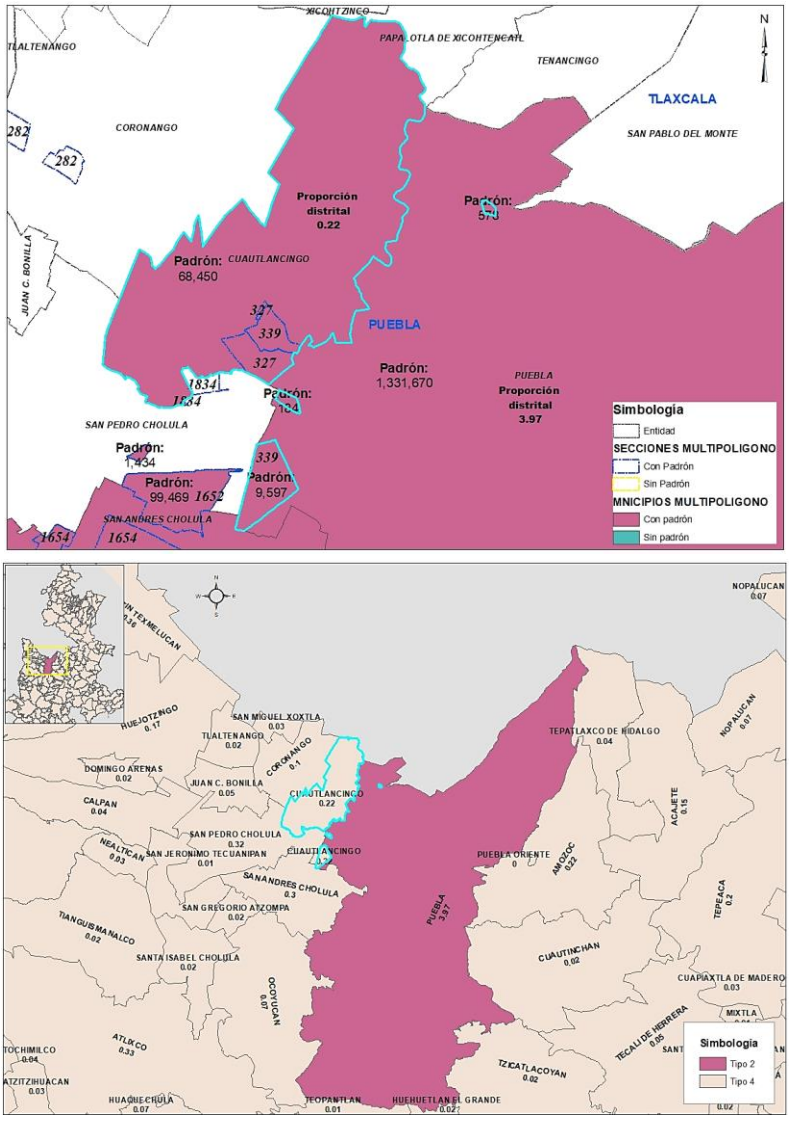
4 municipios multipolígono, que exceden la media poblacional. Torreón (Coahuila), Tlalnepantla de Baz y Tultitlán (Estado de México) y Puebla (Puebla).





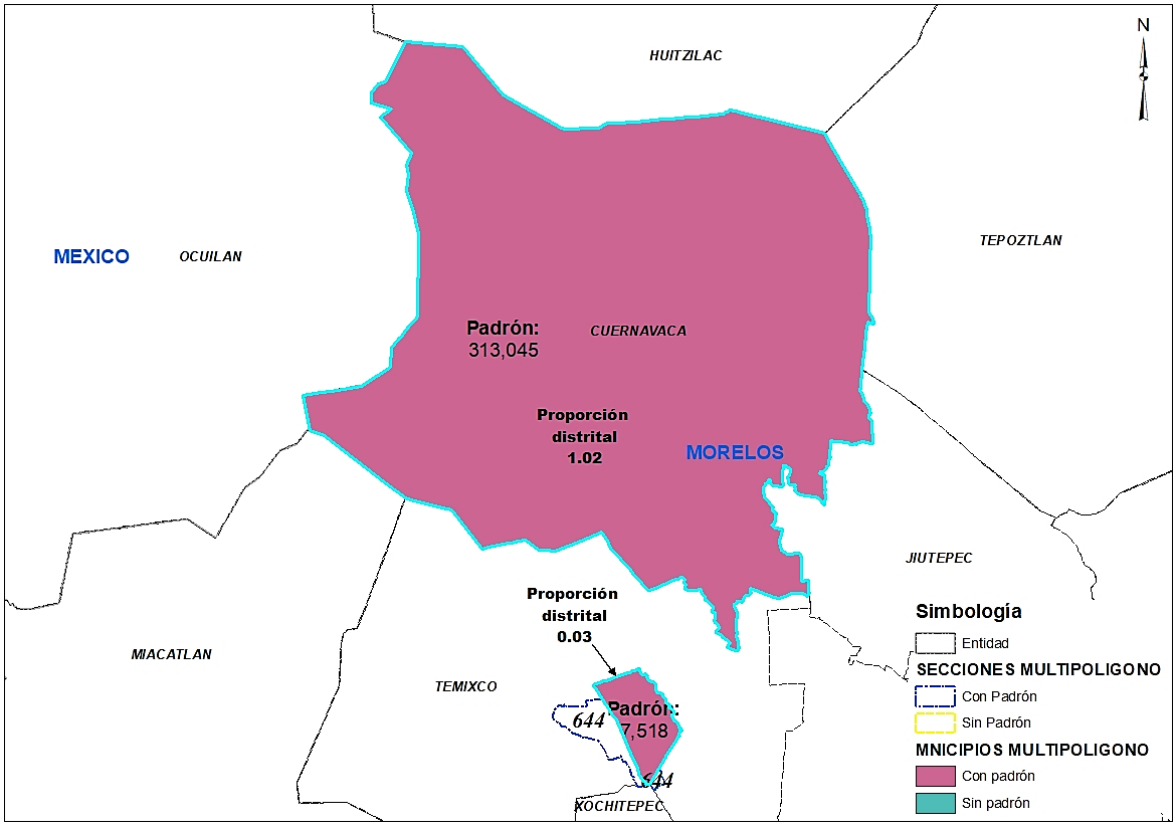
Municipios con fracciones al interior de municipios que exceden la media poblacional

2 municipios multipolígono, con fracciones al interior de municipios que exceden la media poblacional. Cuautlancingo (Puebla) y Otzolotepec (Estado de México).



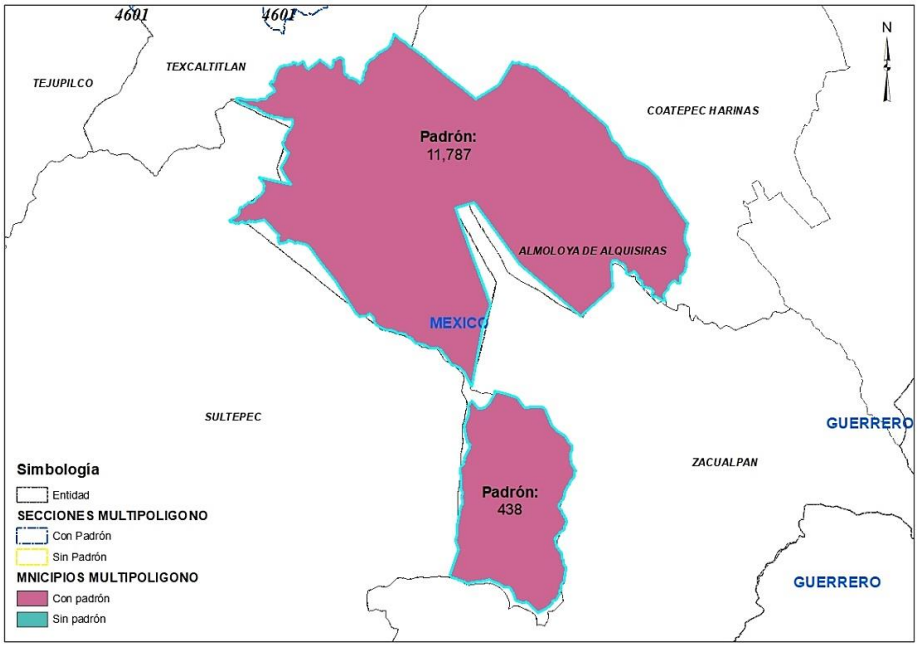
Municipios cuya suma de sus dos fracciones están cercanas a la media poblacional

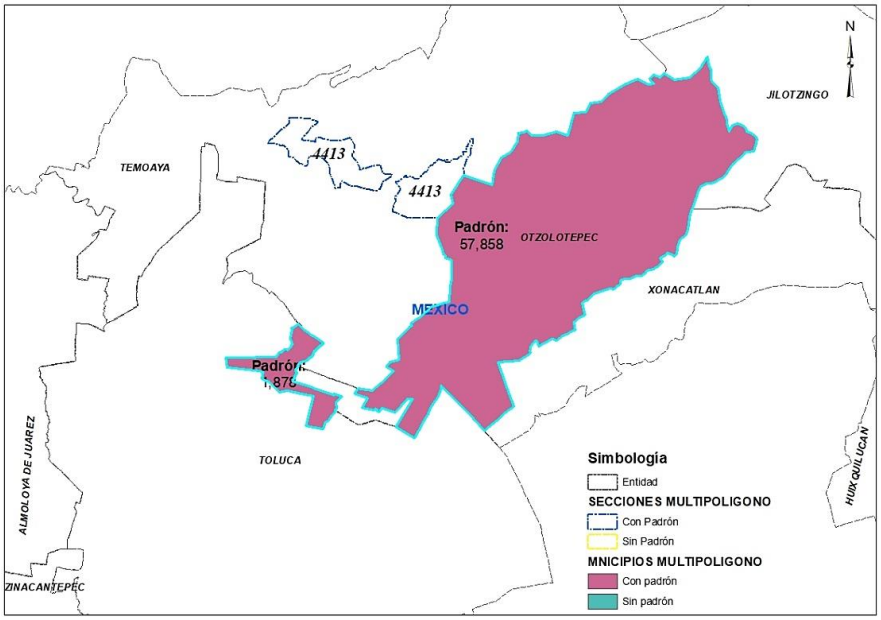
1 municipio multipolígono, cuya suma de sus dos fracciones es muy cercana a la media poblacional. Cuernavaca (Morelos).



Municipios con territorio continuo

2 municipios de este listado, en 2017 tenían territorio continuo. Otzolotepec y Almoloya de Alquisiras (Estado de México).





Totales

- 619 fracciones municipales que corresponden a 104 municipios.
- 392 fracciones con cero registros en padrón.
- 227 fracciones cuentan con población.
- 83 municipios tienen 2 o más fracciones con población (no islas).
- Estos 83 casos están en los estados de Coahuila, Chiapas, Guerrero, Jalisco, México, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

Conclusiones

- Los municipios costeros no causan conflicto.
- Los municipios con fracciones al interior de otro municipio o separados por municipios enteros tienen alta probabilidad de quedar conformados al interior del mismo distrito, pero deben ser considerados como parte de su municipio origen.
- Para preservar la identidad cultural de los municipios, considerar como vecinos (para efectos de la redistritación) a las fracciones que están en otro municipio pertenecientes al municipio origen, permitiendo casos de excepción en la continuidad territorial de las delimitaciones distritales.

Propuesta de redacción adicional al criterio de continuidad geográfica

> Para el caso de municipios que estén conformados por más de una fracción geográfica disconexa y con población en el padrón, se sumarán las poblaciones de todas las fracciones componentes del municipio, antes de proceder a generar distritos. Esto es, considerar estas fracciones como si fueran parte conexa del municipio.

Sobre la posible incorporación de esta modificación a la distritación 2021-2023

Cuando se propuso ante la CNV la posibilidad de la conformación de distritos discontinuos con la finalidad de preservar la identidad cultural en municipios conformados por más de una fracción territorial, se mostró una gran resistencia e inquietud. Varias fueron las razones, como la apariencia de los distritos, la operatividad electoral ante la existencia de distritos discontinuos, entre otras inquietudes. Debido a que en distritaciones previas nunca se había propuesto la posibilidad de formar unidades distritales con éstas características, se decidió preservar el criterio de continuidad geográfica y a los municipios discontinuos se les dio el tratamiento de unión con tierra para los casos de las islas; unidad geográfica, a aquellas pequeñas fracciones que quedaban al interior de otros municipios y debían agruparse con éstos; y municipios virtuales a fracciones municipales que ingresarían al sistema como municipios independientes.

2. Criterios técnicos y reglas operativas

Entre los primeros pasos para llevar a cabo una distritación se encuentra la definición de las *reglas del juego* que habrán de regir el proceso. En ese sentido, los Criterios y sus Reglas Operativas, las cuales aportan elementos técnicos para aplicar en forma práctica lo que establece cada uno de los criterios, constituyen una herramienta fundamental en los trabajos del Proyecto de la Distritación Nacional 2021-2023.

En tanto reglas, la fuente principal de la que derivan los Criterios es la Constitución y demás normatividad aplicable; dentro de ese marco y tal como se muestra en el apartado *IV. 1 Investigación y experimentación* de este Informe, para la construcción de los Criterios y Reglas Operativas se pusieron sobre la mesa y se examinaron varias alternativas de indicadores que reflejaran los diversos factores a considerar en el proyecto de distritación. Así, a partir del análisis y considerando las diversas voces que se recogieron en el proceso, se definieron los siguientes criterios a considerar en el trazo de los Distritos Electorales federales y locales uninominales (véase el detalle en el Acuerdo INE/CG1466/2021 en el Anexo 3 de este Informe):

- **Equilibrio poblacional:** Se busca que el criterio poblacional garantice una distribución de la población dentro de cada Distrito, de forma proporcionada y equilibrada, de tal manera que cada voto emitido tenga el mismo valor.
- **Distritos integrados con municipios de población indígena o afromexicana:** Se buscará garantizar la integridad y unidad de las comunidades indígenas y afromexicanas, con la intención de mejorar su participación política. Por tanto, es necesario que, en la conformación de los Distritos Electorales federales y locales uninominales, se preserve, cuando sea factible, la integridad territorial de esas comunidades.
- **Integridad municipal:** Los Distritos Electorales federales y locales se construirán preferentemente con municipios o demarcaciones territoriales completas.
- **Compacidad:** Este criterio tiene como objetivo que el perímetro de la delimitación de los Distritos se ajuste en lo posible a una forma geométrica lo más cercana a un polígono regular.
- **Tiempos de traslado:** Se construirán Distritos Electorales federales y locales buscando facilitar el traslado en su interior, tomando en consideración los tiempos de traslado, con la finalidad de facilitar la accesibilidad y comunicación de las y los ciudadanos, de manera que se logre la integración entre las comunidades, así como facilitar los trabajos de

capacitación electoral, educación cívica, campañas políticas, organización electoral y actualización del Padrón Electoral.

- **Continuidad geográfica:** El objetivo de este criterio es que los Distritos Electorales federales y locales tengan continuidad geográfica, tomando en consideración los límites geoelectorales aprobados por el INE
- **Factores socioeconómicos y accidentes geográficos:** A partir de los escenarios propuestos por la DERFE, podrán considerarse factores socioeconómicos y accidentes geográficos que generen escenarios distintos, que mejoren la operatividad, siempre y cuando se cumplan todos los criterios anteriores, y se cuente con el consenso de la CNV.

3. Modelo matemático

Otra de las etapas del Plan de Trabajo corresponde al ajuste del modelo matemático y los sistemas informáticos para la distritación. Por ello, a la par de la definición de los Criterios y Reglas Operativas, se desarrolló el modelo matemático para el proyecto de distritación nacional 2021-2023, tal como se establece en el *Acuerdo del Consejo General del Instituto Nacional Electoral por el que se Aprueban los Criterios y Reglas Operativas para la Distritación Nacional 2021-2023, así como la Matriz que Establece su Jerarquización*:

> **SEXTO.** Se aprueba que, para la construcción de los Distritos Electorales federales y locales uninominales, se utilizará un modelo matemático de optimización combinatoria y un sistema informático, los cuales deberán ser propuestos por la Dirección Ejecutiva del Registro Federal de Electores (véase el *Acuerdo* INE/CG1466/2021, en el Anexo 3 de este Informe).

Al respecto, a partir de los estudios ya referidos en el punto IV.1 de este Informe, se optó por integrar una función objetivo con tres componentes que corresponden a sendos criterios: el equilibrio poblacional (con un margen de desviación de más-menos 15%), la compacidad y los tiempos de traslado.

Los cuatro criterios restantes también quedaron integrados en el modelo matemático como restricciones. Estos criterios incluyen: el número de distritos correspondientes a cada entidad conforme a la población reportada por el Censo de 2020, la continuidad geográfica, la conformación de municipios indígenas y afromexicanos así como la integridad municipal.

La función objetivo quedó integrada de la siguiente manera:

$$f(E) = 1\sum_{j=1}^{k}\left(\frac{1 - P_{D_j}/P_M}{0.15}\right)^2 + 0.5\sum_{j=1}^{k}\left(\frac{\text{Perímetro del distrito } j}{\sqrt{\text{Área del distrito } j}} * 0.25 - 1\right) + 0.4\sum_{j=1}^{k}\frac{\bar{T}_j}{\bar{T}_{Es}}$$

Donde:

E = $\{D_1, D_2, \ldots, D_k\}$, es un escenario (plan distrital).

D_j = istrito electoral j formado por un conjunto de *UG* (secciones y/o municipios).

k = número de distritos a conformar en la entidad.

P_{D_j} = población del distrito j.

P_M = población media estatal, población de la entidad entre k.

0.15 = máxima desviación poblacional permitida de la población media estatal.

$\bar{T}_j$= *tiempo de traslado promedio en el distrito j.*

$\bar{T}_{Es}$ = tiempo de traslado promedio en la entidad.

El primer término de esta función corresponde al equilibrio poblacional, si la población del distrito j es igual a la población media estatal, el término cuadrático

es igual a cero; por otro lado, si la población del distrito *j* está dentro del rango permitido, el término es menor o igual a 1 y si está fuera de rango el término es mayor que uno y crece de manera cuadrática. Por lo tanto, valores cercanos a cero indica que la población de los distritos está muy próxima a la media estatal y valores grandes significa que se alejan mucho de la media estatal. Lo que se pretende es que esta sumatoria sea lo menor posible.

El segundo término corresponde a la compacidad de los distritos formados. Si el distrito formado fuera cuadrado se infiere que el cociente del perímetro sobre la raíz cuadrada del área es igual a 4, multiplicado por 0.25 es igual a 1 y si se le resta 1, entonces toda la expresión es igual a 0. Por consiguiente, si todos los distritos tuvieran forma cuadrada, la sumatoria sería muy cercana a cero y entre más difieran de la forma de un cuadrado mayor será esta suma. Lo que se desea es que este término tenga un valor lo más cercano a cero.

El tercer término corresponde a los tiempos de traslado. El numerador de la expresión $\bar{T}_j$ es el tiempo de traslado promedio en el distrito *j*, de todas las localidades de 2500 habitantes o más y las cabeceras municipales. La sumatoria será menor cuando todos los sumandos sean lo menor posible y se dividen entre el tiempo promedio de traslado en todo el estado $\bar{T}_{Es}$. Esta división se hace para que el tercer término sea adimensional y comparable con los dos términos anteriores de la función objetivo.

Finalmente, los ponderadores 1, 0.5, 0.4 corresponden a la importancia relativa que tienen los tres términos. El más importante es el poblacional, después la compacidad y finalmente los tiempos de traslado que tiene un peso un poco inferior a la compacidad. En la experimentación (véase secciones 1.4 y 1.6) se observa que hay una relación directa entre compacidad y tiempos de traslado, es decir, distritos que tienen una mejor compacidad también tienen tiempos de traslado menores.

Respecto de las restricciones del modelo, son de dos tipos:

- Aquellas que se deben cumplir de manera estricta que son: el número de distritos por entidad y la continuidad geográfica.
- El segundo tipo de restricciones son las que se resuelven mediante las tipologías municipales con las cuales se generan categorías de municipios y se definen las unidades geográficas que se incorporan al sistema; con ello, por un lado, se definen los agrupamientos de municipios indígenas y afromexicanos y, por otro lado, se evita el fraccionamiento indiscriminado de los municipios a partir de un análisis de su proporción distrital y la configuración de sus vecindades.

4. Protocolo para la Consulta previa, libre e informada a los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas en materia de distritación electoral

La *Preparación de la Consulta a Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas en materia de Distritación Electoral* es otra de las etapas contempladas en el Plan de Trabajo del Proyecto para la Distritación Nacional 2021-2023. Se trata de una innovación que se integró a los procesos de distritación en 2016 como parte de una tendencia de reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas que se ha logrado fijar en el marco constitucional y legal. Destacan en ese sentido, el artículo 2º de la Constitución y su legislación reglamentaria como lo es la Ley del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas y la Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas. Pero además están los instrumentos internacionales a los que se ha sumado México y que, por ello, constituyen obligaciones del Estado para con los pueblos indígenas. Del marco internacional destacan por su importancia, los siguientes: la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales y la Declaración sobre los Derechos de las Personas Pertenecientes a Minorías Nacionales o Étnicas, Religiosas y Lingüísticas.

En el contexto de dicha tendencia, en 2015 el TEPJF dictó la resolución SUP-RAP-677/2015 en la que establece que: "es necesario que en los trabajos de geografía electoral, las autoridades electorales lleven a cabo consultas previas, libres, informadas y de buena fe a los pueblos y comunidades indígenas, para efecto de generar la menor afectación posible a sus usos y costumbres, sin que el resultado de la consulta tenga efectos vinculantes". Y a partir de ahí se derivó la jurisprudencia 37/2015 cuyo rubro es el siguiente:

> Consulta previa a las comunidades indígenas. Debe realizarse por autoridades administrativas electorales de cualquier orden de gobierno, cuando emitan actos susceptibles de afectar sus derechos.

Cabe destacar que en el año 2019, se agregó al artículo 2º de la Constitución un apartado C para incluir a las comunidades afromexicanas en el marco de protección de los derechos sociales y culturales. En consecuencia dichas comunidades también se incluyen en las que habrán de ser consultadas para efectos de la distritación nacional.

Por ello, entre los trabajos realizados durante 2021 se incluyen los correspondientes a la confección del *Protocolo para la Consulta Previa, Libre e Informada a Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas en Materia de Distritación Electoral*. Dicho instrumento fue aprobado por el Consejo General del INE mediante el Acuerdo INE/CG1467/2021, el cual se adjunta como Anexo 4 de este informe. Para

efectos de esta descripción general baste decir que el Protocolo se integra por las siguientes etapas:

I. **Etapa de Actos y Acuerdos previos**. El Protocolo refiere las actividades que realizaron el INE y el INPI para definir el objeto de la Consulta, la identificación de los actores y los sujetos a consultar, así como el método para desahogar el proceso de Consulta. Asimismo, previo a la realización de la etapa informativa, se pondrá a consideración de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas, por conducto de sus autoridades, la metodología propuesta para el desahogo del proceso de Consulta.

II. **Etapa Informativa**. En esta fase se proporcionará a las autoridades indígenas, tradicionales, comunitarias y representaciones indígenas y afromexicanas consultadas toda la información que se disponga respecto de la distritación electoral y la ubicación de los pueblos indígenas y afromexicanos en los Distritos Electorales, a fin de propiciar la reflexión, debate y consenso de las propuestas. En esta etapa se convocará a Reuniones Informativas Distritales y se hará uso del Sistema de Radiodifusoras Culturales Indígenas, que administra el INPI, y que cuenta con una cobertura importante de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas.

III. **Etapa Deliberativa**. Para el desahogo de esta etapa, las comunidades consultadas a través de sus autoridades indígenas, tradicionales o comunitarias, de conformidad con sus propias formas de deliberación y toma de decisión, reflexionarán la información brindada para construir sus decisiones y, en su caso, sus reflexiones respecto del proyecto de distritación electoral.

IV. **Etapa Consultiva**. En esta etapa se establecerá un diálogo entre la autoridad responsable y las comunidades consultadas a través de Reuniones Consultivas Distritales de autoridades indígenas, tradicionales o comunitarias, con la finalidad de llegar a los acuerdos que procedan para alcanzar el objeto de la Consulta.

V. **Etapa de la Valoración de las opiniones y sugerencias**. Para esta etapa se determina que es compromiso de la autoridad responsable asumir el análisis, y en su caso atender las propuestas, sugerencias, observaciones y contenidos normativos, tomando como base los Criterios Técnicos y Reglas Operativas para la Distritación Nacional 2021-2023 que apruebe este Consejo General, así como los Criterios de Evaluación de Propuestas de Escenario emitidos por la DERFE.

5. Reglas para la presentación de una propuesta de escenario de distritación y criterios para la evaluación de la misma

La participación de los diversos actores políticos y sociales interesados en la distritación es una de las características definitorias del modelo implementado por el INE para llevarla a cabo. Los partidos políticos tienen las atribuciones y cuentan con los espacios para analizar cada una de las etapas del proceso, desde la construcción de los insumos, el modelo matemático y el sistema informático para resolverlo, además de atestiguar la generación de los escenarios. El punto culminante de dicha participación se encuentra en la posibilidad que tienen los partidos políticos de presentar propuestas para mejorar los escenarios derivados del sistema de distritación e incluso plantear escenarios alternativos. En el mismo sentido, es factible que como resultado de la Consulta a los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas se presenten ajustes al primer escenario de distritación.

En ese contexto, resulta indispensable que se cuenten con un marco de reglas y criterios claros tanto para la presentación de propuestas como para su evaluación a fin de decidir si son procedentes. Así que durante 2021 se analizaron y discutieron las *Reglas para la conformación de una propuesta de escenario de Distritación Electoral Local o Federal y Criterios de evaluación de dichas propuestas* cuya versión final está disponible como Anexo 5 de este Informe.

6. Criterios y reglas operativas para la definición de las cabeceras distritales federales y locales

Una de las posibles consecuencias del proceso de distritación es el cambio de sede de las Juntas Distritales Ejecutivas que son instancias que cumplen funciones muy importantes en la planeación y operación electoral. Por mencionar solo algunas de ellas, estas juntas operan los programas relativos al Registro Federal de Electores, organización electoral, capacitación electoral y educación cívica; durante el proceso electoral, proponen el número y ubicación de casillas, resguardan los materiales y documentos electorales, dan seguimiento a la acreditación de las y los representantes de partidos políticos, capacitan a la ciudadanía que habrá de integrar las mesas directivas de casilla, elaboran las propuestas de quienes fungirán como asistentes electorales el día de la jornada electoral. Además, en la mayoría de los casos, son la sede de un Módulo de Atención Ciudadana (MAC) en el que se ofrece el servicio de registro de electores y, en algunos casos, son la sede de un Centro de Verificación y Monitoreo (CEVEM).

Si bien la definición de cabeceras está programada para realizarse a partir de la generación del segundo escenario de distritación, durante 2021 se trabajó en la elaboración y discusión de los *Criterios y Reglas Operativas para la Definición de Cabeceras Distritales para la Distritación Nacional 2021-2023*, documento que se incluye en este informe como Anexo 6.

7. Tipologías para el Bloque 1 y Bloque 2

Uno de los criterios que rigen el proceso de distritación es el de equilibrio poblacional. Con este se busca garantizar una distribución de la población dentro de cada Distrito de forma proporcionada y equilibrada, de tal manera que cada voto emitido tenga el mismo valor.

No obstante, en el momento de llevar a cabo el trazo de los distritos, este primer criterio compite con otro de los criterios rectores del proceso que es el de integridad municipal, es decir, que los distritos se construyan, de manera preferente, con municipios completos o en su caso con territorio de un solo municipio. Por la propia naturaleza de los trazos político-administrativos y de la distribución de la población en el territorio, resulta muy difícil que ambas variables converjan de manera armoniosa, ya que al buscar el mejor equilibrio poblacional se presiona a la integridad municipal.

Para resolver esta problemática propia del proceso de distritación, se ha incorporado un paso previo a la aplicación del sistema que consiste en identificar a los municipios que permitan conformar distritos completos en su interior, así como a aquellos agrupamientos municipales que favorezcan la conformación de distritos que consideren las dos variables antes mencionadas. Esto es lo que se ha denominado tipologías, o tipitificación, municipales.

Un propósito adicional de la definición de tipologías es identificar a los municipios con 40% o más de población indígena y afromexicana para contribuir a cumplir de mejor manera el Criterio 3 de distritación, el cual dicta que "de acuerdo con la información provista y las definiciones establecidas por el INPI, cuando sea factible, se delimitarán los Distritos Electorales federales y locales con municipios que cuenten con 40% o más de población indígena y/o afromexicana."

Durante el año 2021 y conforme al Programa de Trabajo para la distritación, se elaboraron las tipologías municipales de las entidades correspondientes al Bloque 1 (Campeche, Coahuila, Colima, Chihuahua, Ciudad de México y Puebla) y Bloque 2 (Guanajuato, Baja California Sur, Michoacán, Tabasco y Zacatecas) del proyecto de distritación. Estas tipologías, así como la explicación detallada del algoritmo mediante el que se elaboran, se pueden consultarse en el Anexo 7 de este informe.

8. Generación del Primer Escenario de Distritación para las entidades del Bloque 1

El año 2021 cerró con la generación del Primer Escenario de Distritación para las entidades del bloque 1. Dicho acto se llevó a cabo el 16 de diciembre y sus resultados se concentran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Primer Escenario de Distritación Bloque 1 (Federal y Local)

	Costo	Distritos	Población	Compacidad	Traslado
Campeche Federal	1.876918	2	0.016943	1.261673	0.598303
Campeche Local	9.056813	21	1.71359	6.384352	0.958871
Coahuila Federal	6.115359	8	2.249068	2.854944	1.011348
Coahuila Local	10.831324	16	5.019798	4.691806	1.11972
Colima Federal	1.466556	2	0.00011	0.90311	0.563335
Colima Local	6.003204	16	1.012466	4.294379	0.696358
Chihuahua Federal	6.080924	9	3.110272	2.179729	0.790924
Chihuahua Local	11.445783	22	4.705372	5.280351	1.46006
CDMX Federal	7.557999	22	2.77589	4.06057	0.72154
CDMX Local	8.972341	33	3.45764	4.980837	0.533864
Puebla Federal	9.843593	16	0.585241	7.280437	1.977915
Puebla Local	15.585991	26	2.484875	10.511477	2.589639

Distritos: número de distritos

Anexos

Anexo 1. Acuerdo del Consejo General del Instituto Nacional Electoral por el que se Aprueba la Creación e Integración del "Comité Técnico para el Seguimiento y Evaluación de los Trabajos de Distritación Nacional" (INE/CG153/2021)

Anexo 2. Acuerdo de la Comisión del Registro Federal de Electores del Consejo General del Instituto Nacional Electoral por el que se Aprueba el Plan de Trabajo del Proyecto de la Distritación Nacional 2021-2023 (INE/CRFE14/02SE/2021)

Anexo 3. Acuerdo del Consejo General del Instituto Nacional Electoral por el que se Aprueban los Criterios y Reglas Operativas para la Distritación Nacional 2021-2023, así como la Matriz que Establece su Jerarquización (Acuerdo INE/CG1466/2021)

Anexo 4. Acuerdo del Consejo General del Instituto Nacional Electoral por el que se Aprueba el "Protocolo para la Consulta Previa, Libre e Informada a Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas en Materia de Distritación Electoral" (INE/CG1467/2021)

Anexo 5. Reglas para la conformación de una propuesta de escenario de Distritación Electoral Local o Federal y Criterios de evaluación de dichas propuestas

Anexo 6. Criterios y Reglas Operativas para la Definición de Cabeceras Distritales para la Distritación Nacional 2021-2023

Anexo 7. Tipologías municipales de las entidades del Bloque 1 y Bloque 2.