

---

+

**Sistema Nacional de Protección Civil  
Centro Nacional de Prevención de Desastres**

**PORCENTAJE DE VIVIENDA PRECARIA EN LA REPÚBLICA MEXICANA  
COMO INDICADOR DE VULNERABILIDAD A NIVEL MUNICIPAL.**

Joel Aragón Cárdenas

**Dirección de Investigación**  
Subdirección de Vulnerabilidad Estructural

Febrero 2019

---

## CONTENIDO

### CONTENIDO II

#### RESUMEN 3

#### **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN..... 4**

1.1 CONCEPTOS GENERALES..... 4

1.2 OBJETIVOS ..... 4

1.3 ALCANCES ..... 4

#### **CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES..... 6**

2.1 INTRODUCCIÓN..... 6

2.2 ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA  
EXISTENTES..... 6

2.3 RELACION DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE CON VULNERABILIDAD DE  
EDIFICACIONES..... 8

#### **CAPÍTULO 3 ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE VIVIENDA PRECARIA EN LA REPÚBLICA MEXICANA ..... 9**

3.1 CALCULO SIMPLIFICADO DEL PORCENTAJE DE VIVIENDA DE ACUERDO AL MATERIAL DE  
CONSTRUCCION..... 9

3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA VIVIENDA DE ACUERDO CON LA TIPOLOGÍA USADA POR EL  
INEGI..... 9

#### **CAPÍTULO 4 RESULTADOS ..... 12**

4.1 ESTIMACION DEL PORCENTAJE DE VIVIENDA PRECARIA POR MUNICIPIO ..... 12

4.2 PORCENTAJE DE VIVIENDA DE BAJA RESISTENCIA POR MUNICIPIO. .... 15

#### **CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES..... 35**

#### **ANEXO 1 36**

#### **REFERENCIAS 43**

---

## RESUMEN

A partir de la necesidad de identificar de manera rápida las necesidades de los todos estados de la república mexicana en materia de prevención de desastres y mitigación de riesgos, se realizó una primera estimación rudimentaria de la vulnerabilidad física de la edificación de vivienda.

En el presente trabajo, utiliza la información de la Encuesta Intercensal 2015 realizada por el Instituto de Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el criterio aplicado es cuantitativo, basándose en la clasificación que se hace en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social del Centro Nacional de Prevención de Desastres, con la finalidad de estudiar la edificación de vivienda de los 32 estados de la República.

El estudio consistió en identificar aquellos municipios vulnerables considerando el porcentaje de vivienda construida con materiales precarios o informales. La vulnerabilidad física ante la acción del sismo de cada estado de la República de las viviendas particulares habitadas que fueron construidas con materiales precarios y no precarios en techos y paredes. La recopilación de la información de vivienda fue a través de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI.

Finalmente los resultados obtenidos se muestran en un mapa en el cual se puede ver la concentración de vivienda precaria por municipio.

---

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 CONCEPTOS GENERALES**

De acuerdo a la Guía Básica para la elaboración de Atlas de peligros y riesgos estatales y municipales, para realizar un completo análisis de riesgo es necesario abarcar tres campos de estudio: el peligro la vulnerabilidad y los costos.

En cuanto al peligro, se observan consistentemente daños provocados por fenómenos naturales como sismos, huracanes, inundaciones, deslizamientos de laderas, volcanes, subsidencia y vientos intensos, a los cuales está expuesta la República Mexicana por su ubicación geográfica. Para estimar los niveles de riesgo es necesario evaluar la vulnerabilidad física de las construcciones ante cada fenómeno, de cada tipo de edificación existente: vivienda, hospitales, escuelas, servicios de emergencia, edificios públicos, vías de comunicación, líneas vitales, etc.

En el presente trabajo se cubre únicamente el tema de vulnerabilidad de vivienda, que es el sector con mayor daño ante la ocurrencia sismos y huracanes, que producen pérdidas enormes anualmente.

La manera analítica de cuantificar la vulnerabilidad física de vivienda es a través de funciones de vulnerabilidad, en las cuales se relaciona un parámetro que representa la intensidad del fenómeno y por otro lado la probabilidad que se presente determinado daño en los diferentes tipos de edificación existentes.

Para lo anterior se necesita información característica, no solo del fenómeno, si no conocer algunas características de resistencia de los materiales de las edificaciones.

### **1.2 OBJETIVOS**

El objetivo de este trabajo es presentar un resumen de la cuantificación de vivienda precaria realizada a nivel municipal. Esta información se presentó en el CENAPRED a los diferente organismos estatales de protección civil de la república, con lo cual se tiene una aproximación muy simplificada de la vulnerabilidad física de vivienda, cabe mencionar que esto no sustituye ni pretende ser un estudio formal de vulnerabilidad, simplemente ha servido para señalar deficiencias evidentes del sector vivienda en el país.

Para realizar un estudio de vulnerabilidad completo se tiene que asociar a cada una de las tipologías aquí presentadas algún parámetro de peligro, por lo tanto esta vulnerabilidad física será distinta para cada fenómeno que se evalúe.

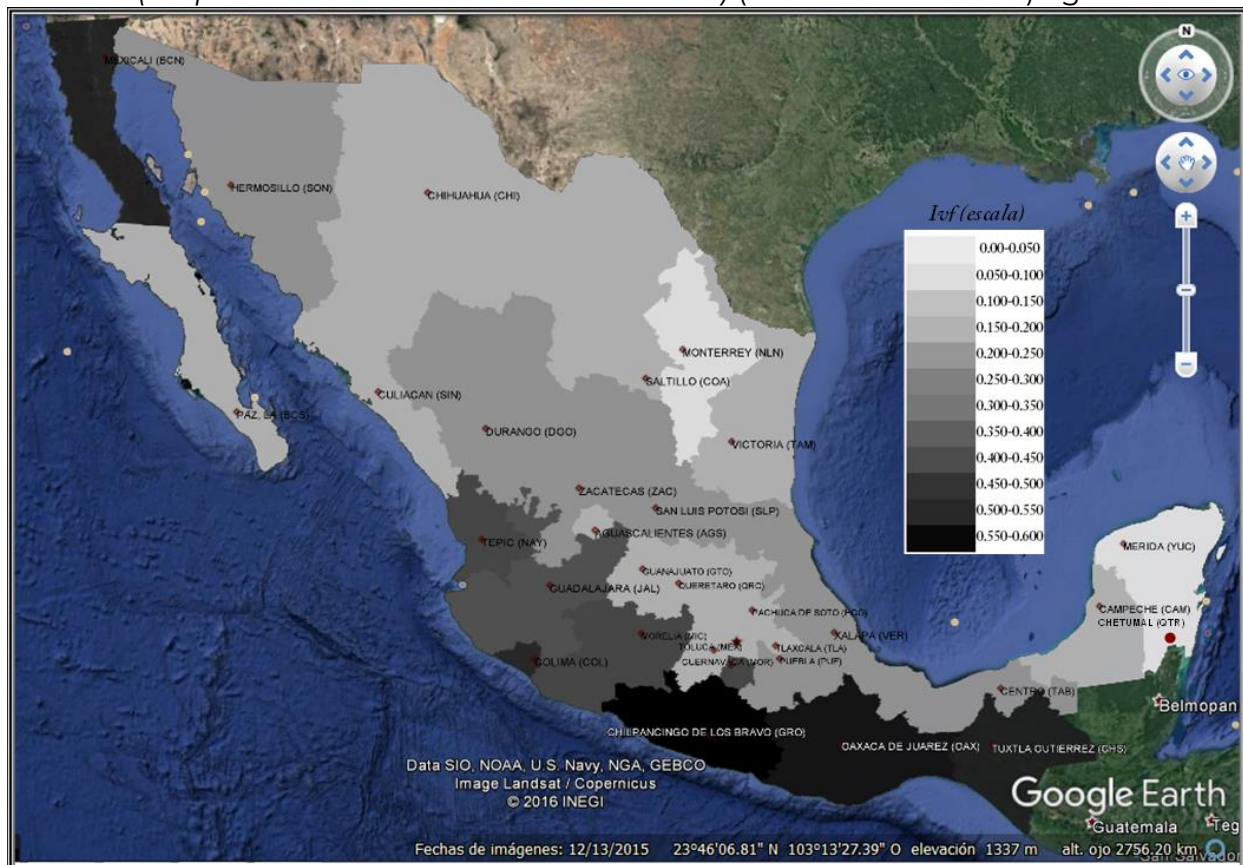
La recopilación de información se realiza mediante la consulta de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI.

### **1.3 ALCANCES**

La estimación del porcentaje de vivienda precaria presentado en este estudio, toma únicamente los datos reportados por el INEGI, de este modo, además de las tipologías de vivienda presentadas más adelante se tiene una categoría en la que se

agrupan todas aquellas edificaciones de vivienda que no entran en ninguna categoría, sumando este porcentaje al de vivienda de características precarias. El estudio comprende las viviendas particulares habitadas de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI construidas a base de muros de mampostería, adobe y de materiales débiles con techos rígidos o flexibles.

Los análisis aquí presentados se basan en el procesamiento de información realizado en el estudio titulado *Metodología de estimación de la vulnerabilidad física de la edificación de vivienda: índice de vulnerabilidad para vivienda en la república mexicana (Mapa de vulnerabilidad a nivel estatal)* (Martínez Celis 2016) figura 1.1.



**Figura 1.1 Mapa de vulnerabilidad sísmica de la edificación de vivienda de la República Mexicana a nivel estatal (Google earth, 2016)**

---

## **CAPÍTULO 2**

### **ANTECEDENTES**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Los sismos de 1985 en la Ciudad de México despertaron el interés en la revisión y adecuación de la normatividad vigente en el tema de seguridad estructural. El incremento en los coeficientes sísmicos de diseño para las zonas del lago y de transición se debió a las elevadas aceleraciones registradas en suelo blando.

La vulnerabilidad de las edificaciones, para distintos sistemas constructivos y materiales, se vio reflejada en la implementación de nuevos factores de comportamiento sísmico. Así también, se modificaron algunos factores que influyeron en el nivel de resistencia que se observó. Estos mismos corresponden a los factores de reducción de resistencia, las propiedades mecánicas de los materiales y el control de calidad durante la etapa de construcción (Ruiz, Sánchez y Miranda, 2003).

Sin embargo, a pesar del comportamiento observado, las evaluaciones posteriores mostraron que principalmente las edificaciones de mampostería confinada tuvieron un comportamiento satisfactorio cuando en su diseño se emplearon los requisitos normativos vigentes desde 1976. Este reglamento fue el producto de los resultados que se obtuvieron de un extenso programa experimental y analítico dirigido en 1979 por el Dr. Meli. En él se recomendaron las resistencias y ecuaciones de diseño vigentes hasta el año de 1985.

En términos generales los daños observados en muros de mampostería se debieron al deterioro de los materiales débiles (mampostería sin refuerzo y adobe), a las filtraciones e intemperismo y a hundimientos diferenciales (Instituto, 1992).

Ruiz, Sánchez y Miranda (2003), señalan que la vulnerabilidad de las edificaciones para vivienda ha resultado mayor en las zonas cercanas a la fuente sísmica debido principalmente al tipo de terreno (usualmente duro y con período predominante bajo), a las características de las ondas sísmicas (mayor intensidad y alta frecuencia), a las propiedades dinámicas de la construcción (rigidez inicial elevada con período fundamental bajo), a una configuración estructural inadecuada de la construcción (distribución irregular y baja densidad de muros en una o ambas direcciones), etc.

#### **2.2 ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA EXISTENTES**

Ruiz, Sánchez y Miranda (2003) afirman que ha resultado notable el daño de las edificaciones de mampostería sin refuerzo o las que se construyen con piezas de adobe. Estos procedimientos constructivos se han convertido en los más empleados en muchas comunidades rurales muy cercanas a posibles fuentes sísmicas.

Se evaluó la vulnerabilidad sísmica de 229 edificaciones de hasta cinco niveles de la Unidad Habitacional El Rosario-Tlalnepantla localizada en zona II o terreno de transición de acuerdo con el actual reglamento de construcciones, principalmente de

mampostería confinada y construidas con el reglamento de 1976 (Guerrero y otros, 1996) (Ruiz, Sánchez y Miranda, 2003).

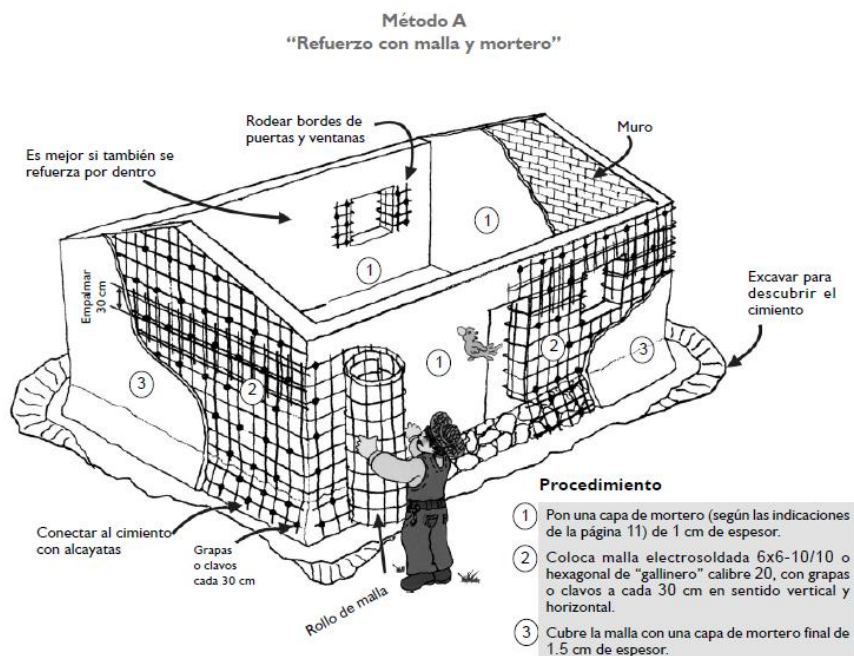
El estudio consistió en determinar el *coeficiente de resistencia* (i.e. cociente del coeficiente sísmico y el factor de comportamiento sísmico;  $c/Q$ ) asociado a la falla para cada una de las construcciones, suponiendo que esto sucede cuando se igualan la fuerza cortante actuante y la resistente.

La fuerza cortante resistente es la suma de las resistencias a cortante de cada muro en la misma dirección de acuerdo con su rigidez, mientras que la fuerza cortante actuante se determinó con un análisis estático empleando un coeficiente sísmico de 0.32.

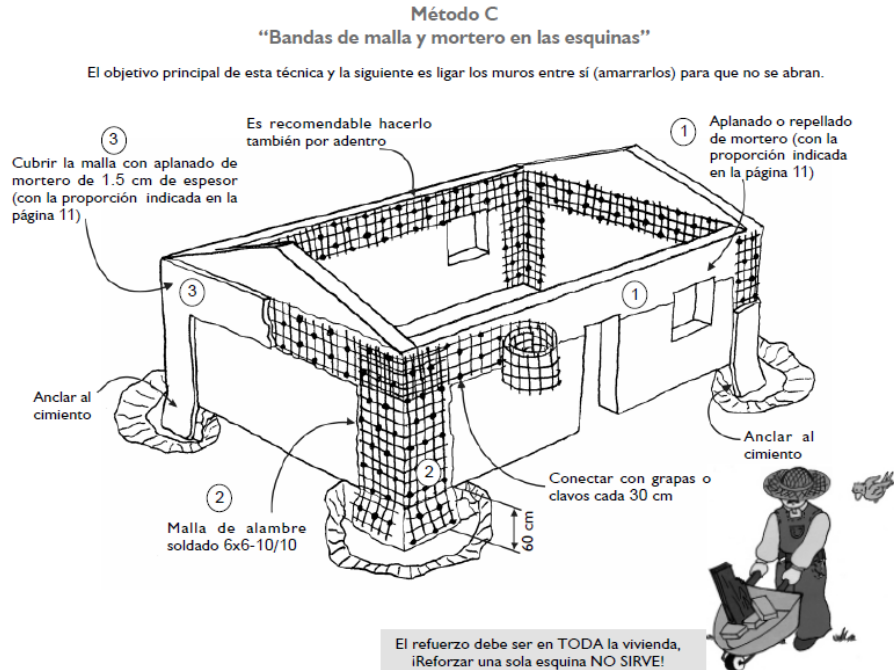
Los resultados del estudio concluyeron que todas las construcciones de la muestra poseen un *coeficiente de resistencia* menor ( $c/Q=0.11$ ) al que señala la normatividad vigente ( $c/Q=0.16$ ).

Como resultado de esta investigación se comenzaron trabajos de reforzamiento estructural con el objetivo de aumentar el nivel de seguridad en las edificaciones de mampostería. Estos trabajos consistieron en reforzar las paredes exteriores de los muros perimetrales de todos los niveles mediante la adición de malla de alambre soldado recubierta con una capa de mortero de cemento.

La eficiencia de este tipo de refuerzo se ha evaluado de manera experimental con buenos resultados ya sea para fines de refuerzo o reparación. La resistencia que aporta la malla de alambre soldado ante cargas laterales depende de la eficiencia y la cuantía de los alambres horizontales, la calidad del recubrimiento, la relación de aspecto (H/L) de los muros y la calidad y densidad de los anclajes de la malla al muro (Ruiz, Sánchez y Miranda, 2003).



**Figura 2.1 Refuerzo con malla y mortero**  
**(Pacheco, M.A., Flores Corona, L.E., López Bátiz, O.A. y Reyes Salinas, C., 2014)**



**Figura 2.2 Banda de malla y mortero en las esquinas**  
**(Pacheco, M.A., Flores Corona, L.E., López Bátiz, O.A. y Reyes Salinas, C., 20**

### 2.3 RELACION DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE CON VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES

La infraestructura de transporte se considera un factor permisivo del desarrollo económico y social del territorio; su relación es de causa-efecto, pues hace posible el desarrollo aunque no lo provoca directamente. La construcción de infraestructuras viales, en concreto carreteras, tiene una repercusión territorial que modifica el espacio y las actividades económicas y formas de vida que contiene, provoca o acelera una mutación en las estructuras y la dinámica del colectivo afectado.

La mejora en infraestructura de transporte también es una variable que puede integrar el mercado y cambiar la importancia relativa de una población, dispersar las fuerzas y, en consecuencia, la distribución, espacial de la actividad económica.

Es este caso de análisis, la infraestructura de transporte está directamente relacionada con el acceso a materiales constructivos adecuados. Esto se ve reflejado en la información geográfica que se presenta más adelante, se puede observar como los centros urbanos más grandes y mejor comunicados del país presentar un bajo porcentaje de vivienda precaria. Mientras aquellas zonas de difícil acceso o alejadas de los ejes carreteros principales, presentan un alto porcentaje de vivienda construida con materiales precarios, típicamente los materiales encontrados en las regiones (madera, adobe y/o otros materiales de baja resistencia).

Así, mejores conexiones de transporte pueden influir para que las áreas de menor actividad económica sean más atractivas para la ubicación de una industria, en la medida en que adquieren un mayor acceso a los mercados de las zonas centrales. Pero, al mismo tiempo, la competencia de las empresas en las aglomeraciones económicas puede aumentar, ya que ahora es más fácil suministrar a sitios localizados a cierta distancia y beneficiarse del vínculo entre el costo y la demanda.



---

## **CAPÍTULO 3**

### **ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE VIVIENDA PRECARIA EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

#### **3.1 CALCULO SIMPLIFICADO DEL PORCENTAJE DE VIVIENDA DE ACUERDO AL MATERIAL DE CONSTRUCCION**

Como anteriormente se comentó, la fuente principal de información es la Encuesta Intercensal 2015 realizada por el INEGI. Dicha información está disponible para el público en general a nivel estatal y municipal. La clasificación de la vivienda se basa en el material empleado para su construcción (techos, muros y pisos). Para los fines de este documento, sólo se usarán los datos de techos y muros.

##### **3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA VIVIENDA DE ACUERDO CON LA TIPOLOGÍA USADA POR EL INEGI**

De acuerdo a Flores y otros (2006), con base en los puntos vulnerables de una vivienda ante la acción de sismo y del viento, se propone la siguiente clasificación para varios tipos de vivienda según sus características estructurales. Los diversos tipos de piezas de mampostería que por lo regular son usados en la construcción de vivienda son los siguientes:

- Tabique macizo artesanal de arcilla (barro) recocida
- Tabique hueco de arcilla recocida
- Tabique multiperforado de arcilla recocida
- Piezas macizas de concreto (cemento-arena)(conocido como tabicón)
- Bloque (20x40 cm) hueco de concreto
- Piedras naturales

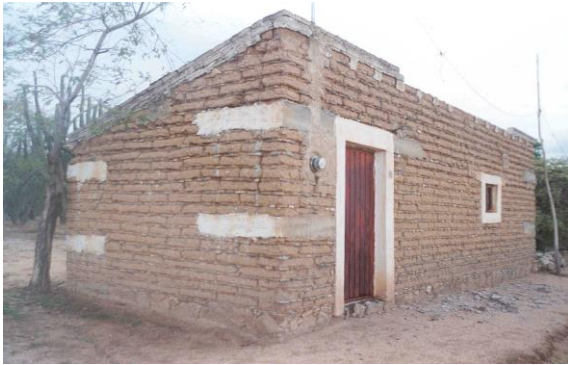


Muros de mampostería con techos rígidos

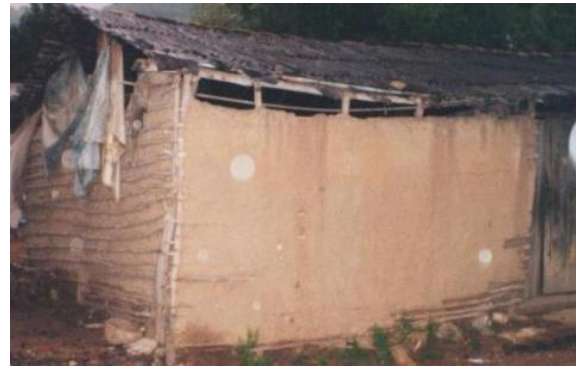
**Figura 3.2 Tipos de vivienda de bajo costo (Flores y otros, 2006)**



Muros de mampostería con techos flexibles



Muros de adobe con techo rígido y flexible



Muros de materiales débiles con techos flexibles

**Figura 3.2 Tipos de vivienda de bajo costo (Flores y otros, 2006)(continuación)**

Sin embargo, para llevar a cabo el cálculo del porcentaje de vivienda a nivel municipal se tuvo que tomar las clasificaciones realizadas por el INEGI, para ello se tomó el criterio empleado por Martínez Celis en su informe de 2016, en el cual se ajustó la tipología de vivienda a las combinaciones de materiales en techos y muros que se muestran en la tabla 3.1.

Como se menciona en el estudio anteriormente referido, este tipo de clasificación de la vivienda no hace una diferenciación de tipo constructivo, configuración de elementos estructurales, densidad de muros, entre otras características, que influyen en el comportamiento de una edificación de vivienda, aunque la gran ventaja es que se cuenta con este tipo de información para toda la República Mexicana y se actualiza cada 5 o 10 años.

De acuerdo con el INEGI, para la clasificación debe entenderse lo siguiente:

- i. Los materiales débiles son: material de desecho o lámina de cartón, embarro o bajareque, lámina de asbesto o metálica, carrizo, bambú o palma, madera o adobe, tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y material no especificado;
- ii. Los techos flexibles son: material de desecho o lámina de cartón, lámina metálica, lámina de asbesto, lámina de fibrocemento, palma o paja, madera o tejamanil, teja y los de material no especificado;
- iii. Los techos rígidos son: losa de concreto o viguetas con bovedilla y terrado con vigería.

**Tabla 3.1 Clasificación de la vivienda según características usadas por el INEGI (Flores y otros, 2006)**

<b>Tipo</b>	<b>Características de la vivienda</b>
1	Muros de mampostería con techos rígidos
2	Muros de mampostería con techos flexibles
3	Muros de adobe con techos rígidos
4	Muros de adobe con techos flexibles
5	Muros de materiales débiles con techos flexibles
6	Vivienda no clasificada

## CAPÍTULO 4 RESULTADOS

### 4.1 ESTIMACION DEL PORCENTAJE DE VIVIENDA PRECARIA POR MUNICIPIO

Como se mencionó anteriormente, las tablas y los mapas de vulnerabilidad que se muestran en el presente estudio, se basan en la información de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, a la cual le fue realizado un proceso estadístico de combinación de porcentajes para obtener las combinaciones de los cinco materiales para muros y techos. En la siguiente tabla se presenta a manera de ejemplo el cálculo realizado para el estado de Campeche a nivel municipal.

**Tabla 4.1 Información de muros y techos de la Encuesta Intercensal 2015 (INEGI)**

Entidad federativa	Municipio	Estimador	Viviendas particulares habitadas <sup>1</sup>	Resistencia de los materiales en paredes				
				Material de desecho o lámina de cartón	Embarro o bajareque, lámina de asbesto o metálica, carrizo, bambú o palma	Madera o adobe	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Material no especificado
04 Campeche	Total	Valor	244,299	0.46	2.29	12.92	84.17	0.17
04 Campeche	010 Calakmul	Valor	7,000	0.13	0.36	75.47	23.91	0.13
04 Campeche	001 Calkiní	Valor	14,204	0.25	4.27	2.22	93.18	0.08
04 Campeche	002 Campeche	Valor	79,159	0.27	0.73	1.82	97.18	0.00
04 Campeche	011 Candelaria	Valor	11,556	0.20	1.13	57.88	40.58	0.21
04 Campeche	003 Carmen	Valor	70,515	0.65	3.67	8.74	86.57	0.36
04 Campeche	004 Champotón	Valor	24,178	1.16	1.42	16.52	80.72	0.18
04 Campeche	009 Escárcega	Valor	15,520	0.09	0.38	37.80	61.49	0.24
04 Campeche	005 Hecelchakán	Valor	7,651	0.42	7.49	2.39	89.58	0.12
04 Campeche	006 Hopelchén	Valor	9,301	0.13	4.33	8.19	87.15	0.19
04 Campeche	007 Palizada	Valor	2,461	0.69	3.49	30.68	65.14	0.00
04 Campeche	008 Tenabo	Valor	2,754	0.44	7.41	3.67	88.34	0.15

Entidad federativa	Municipio	Estimador	Viviendas particulares habitadas <sup>1</sup>	Resistencia de los materiales en techos				
				Material de desecho o lámina de cartón	Lámina metálica, lámina de asbesto, lámina de fibrocemento, palma o paja, madera o bambú	Teja o terrado con vigería	Losa de concreto o viguetas con bovedilla	Material no especificado
04 Campeche	Total	Valor	244,299	0.74	42.40	0.34	56.25	0.27
04 Campeche	010 Calakmul	Valor	7,000	1.23	88.11	0.26	10.20	0.20
04 Campeche	001 Calkiní	Valor	14,204	0.89	28.66	0.34	70.05	0.06
04 Campeche	002 Campeche	Valor	79,159	0.45	22.66	0.18	76.66	0.04
04 Campeche	011 Candelaria	Valor	11,556	1.26	87.42	0.12	11.03	0.16
04 Campeche	003 Carmen	Valor	70,515	0.16	39.10	0.23	59.81	0.70
04 Campeche	004 Champotón	Valor	24,178	2.13	65.98	0.54	31.16	0.20
04 Campeche	009 Escárcega	Valor	15,520	1.19	64.63	0.08	33.89	0.21
04 Campeche	005 Hecelchakán	Valor	7,651	0.63	44.88	0.30	54.15	0.04
04 Campeche	006 Hopelchén	Valor	9,301	2.09	55.55	1.68	40.52	0.16
04 Campeche	007 Palizada	Valor	2,461	0.37	79.28	4.96	15.40	0.00
04 Campeche	008 Tenabo	Valor	2,754	0.69	43.61	0.18	55.52	0.00

A partir de la clasificación propuesta por el INEGI se clasificó la vivienda en cinco categorías, respetando lo sugerido en la Guía básica de estimación de la vulnerabilidad física y social, publicada por el CENAPRED, y basándose en el informe: Martínez Celis C.A. *Metodología de estimación de la vulnerabilidad física de la edificación de vivienda: índice de vulnerabilidad para vivienda en la república mexicana (mapa de vulnerabilidad a nivel estatal)*, en el anexo 1, tomado del trabajo mencionado e incluido al final de este reporte, se presenta con mayor detalle el proceso empleado para

establecer las categorías que fueron utilizadas para la elaboración de los mapas que se presentan.

En la tabla 4.2, se presentan como ejemplo, los valores relativos de las categorías propuestas en el estado de Campeche.





**Tabla 4.2 Porcentaje de vivienda de acuerdo al material de su construcción, Campeche (INEGI 2015)**

Entidad federativa	Municipio	Muros de mampostería con techos rígidos	Muros de mampostería con techos flexibles	Muros de adobe con techos rígidos	Muros de adobe con techos flexibles	Muros de materiales débiles con techos flexibles	Vivienda no contemplada en la tipología
04 Campeche	Total	47.34	36.60	7.27	5.62	1.19	1.99
04 Campeche	010 Calakmul	2.44	21.43	7.70	67.62	0.44	0.38
04 Campeche	001 Calkiní	65.27	27.85	1.56	0.67	1.35	3.30
04 Campeche	002 Campeche	74.50	22.64	1.40	0.42	0.23	0.81
04 Campeche	011 Candelaria	4.48	36.03	6.39	51.40	1.18	0.52
04 Campeche	003 Carmen	51.78	34.19	5.23	3.45	1.71	3.65
04 Campeche	004 Champotón	25.15	55.41	5.15	11.34	1.77	1.18
04 Campeche	009 Escárcega	20.84	40.52	12.81	24.91	0.31	0.61
04 Campeche	005 Hecelchakán	48.51	41.04	1.30	1.10	3.62	4.44
04 Campeche	006 Hopelchén	35.32	51.70	3.32	4.86	2.65	2.16
04 Campeche	007 Palizada	10.03	55.11	4.72	25.95	3.54	0.64
04 Campeche	008 Tenabo	49.05	39.30	2.04	1.63	3.49	4.50

El código de colores que se muestra en los mapas atiende a un criterio conservador, el índice tomado en cuenta consiste en la suma de los porcentajes de las tipologías 5 y 6 ( $\Sigma_{5,6}$ ), es decir, se tomó en cuenta la suma del porcentaje de vivienda cuyos muros están contruidos con materiales débiles y sus techos son flexibles más aquel porcentaje de vivienda no clasificada.

De este modo el criterio para asignar una categoría de color es la siguiente:

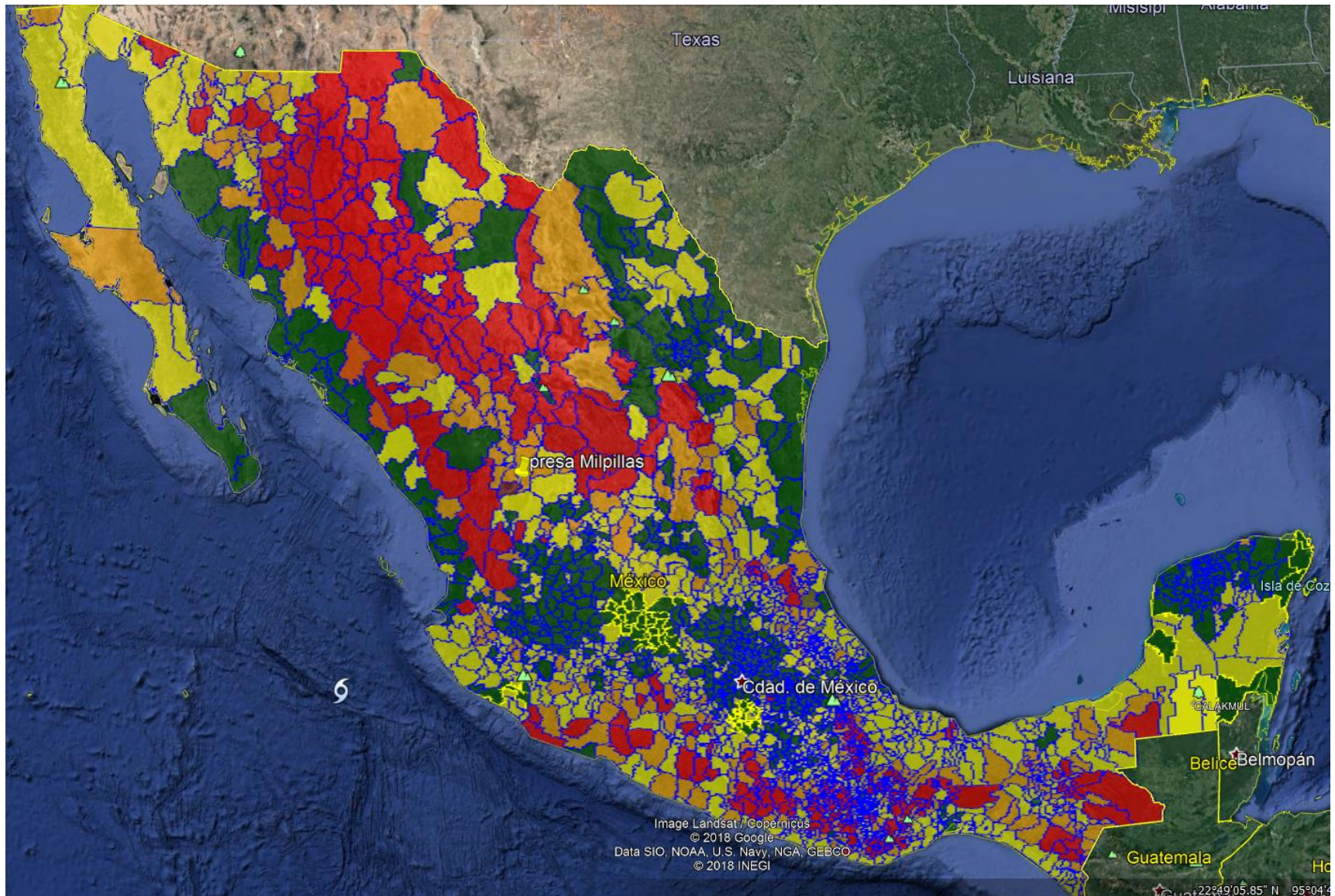
**Tabla 4.3 Clasificación de vivienda de acuerdo al porcentaje de viviendas, de acuerdo al material de su construcción (INEGI 2015)**

$\Sigma_{5,6} > 60\%$	
$40\% < \Sigma_{5,6} < 60\%$	
$20\% < \Sigma_{5,6} \text{ y } \Sigma_{3,4} > 40\%$	
$10\% < \Sigma_{5,6} \text{ y } \Sigma_{3,4} < 20\%$	

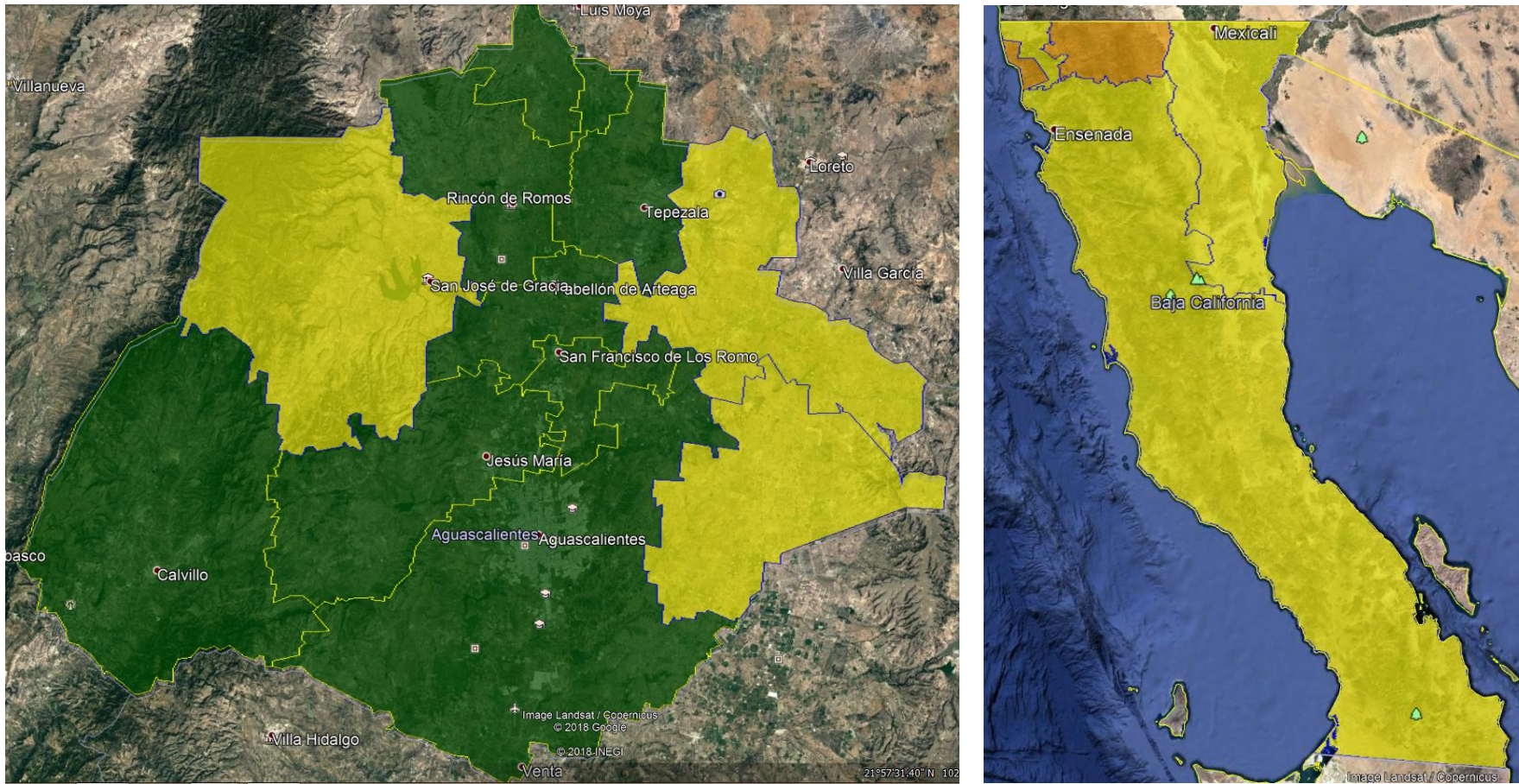
Cabe aclarar, que este índice es conservador pues se toman las peores materiales de construcción como un indicativo de vulnerabilidad, en un estudio formal este solo es el principio del análisis de vulnerabilidad física.



#### 4.2 PORCENTAJE DE VIVIENDA DE BAJA RESISTENCIA POR MUNICIPIO.

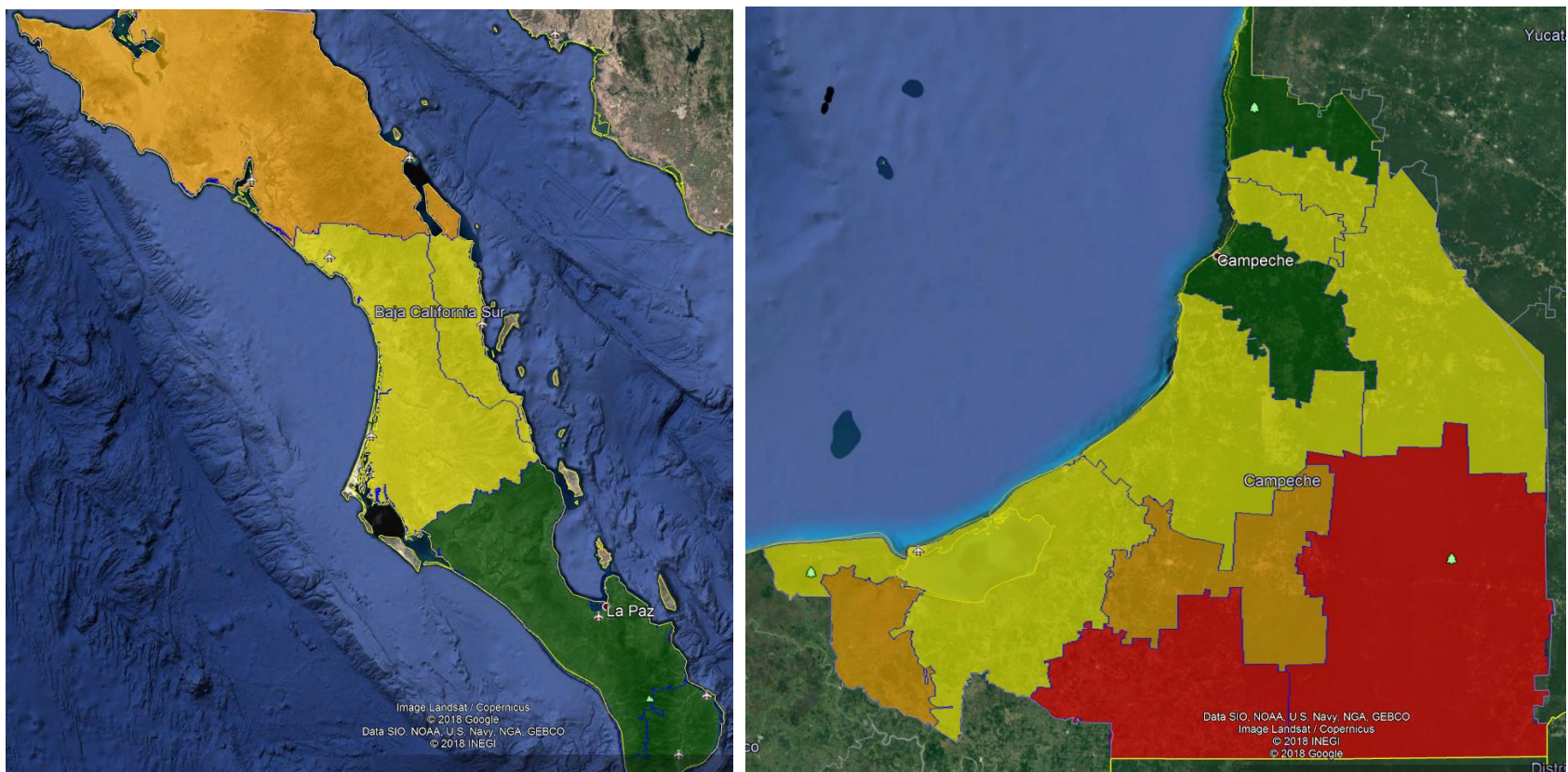


**Figura 4.1 Mapa de vivienda vulnerable de acuerdo al tipo de material de construcción en la República Mexicana a nivel municipal (Google earth, 2019)**

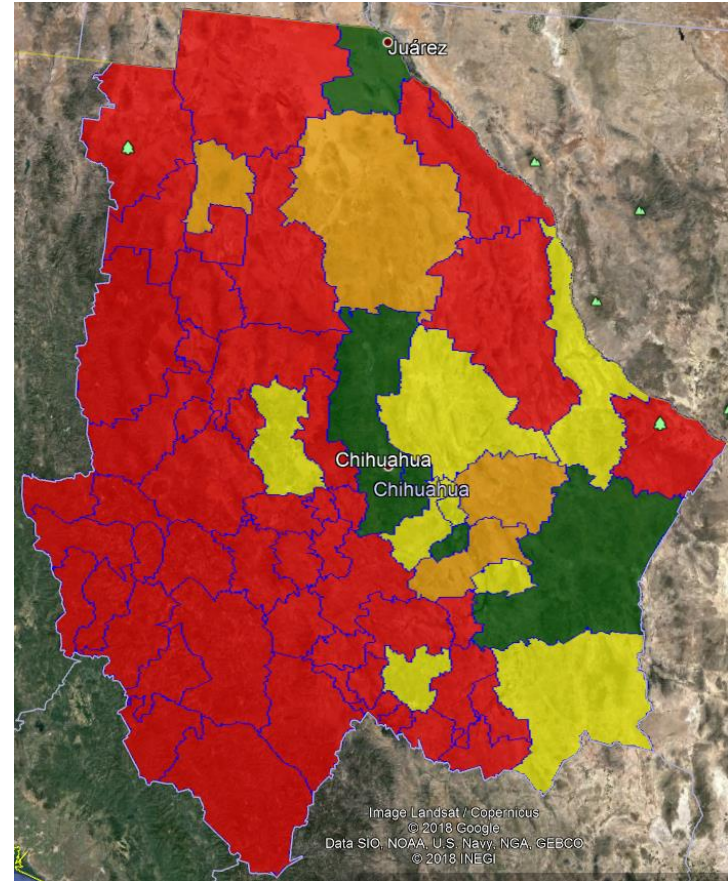
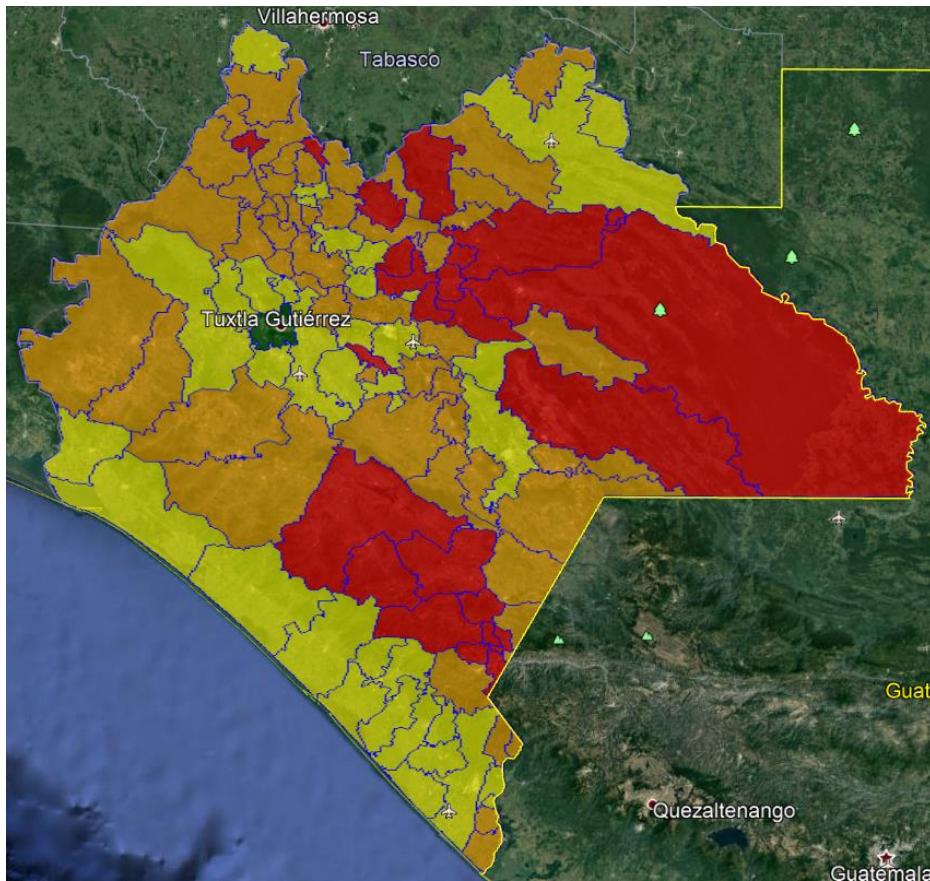


**Figura 4.2 Vivienda vulnerable a nivel municipal Aguascalientes y Baja California (Google earth, 2019)**

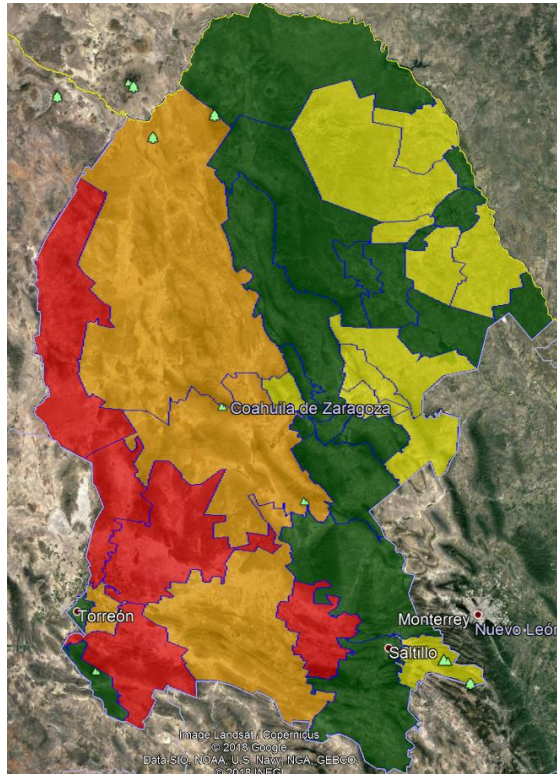




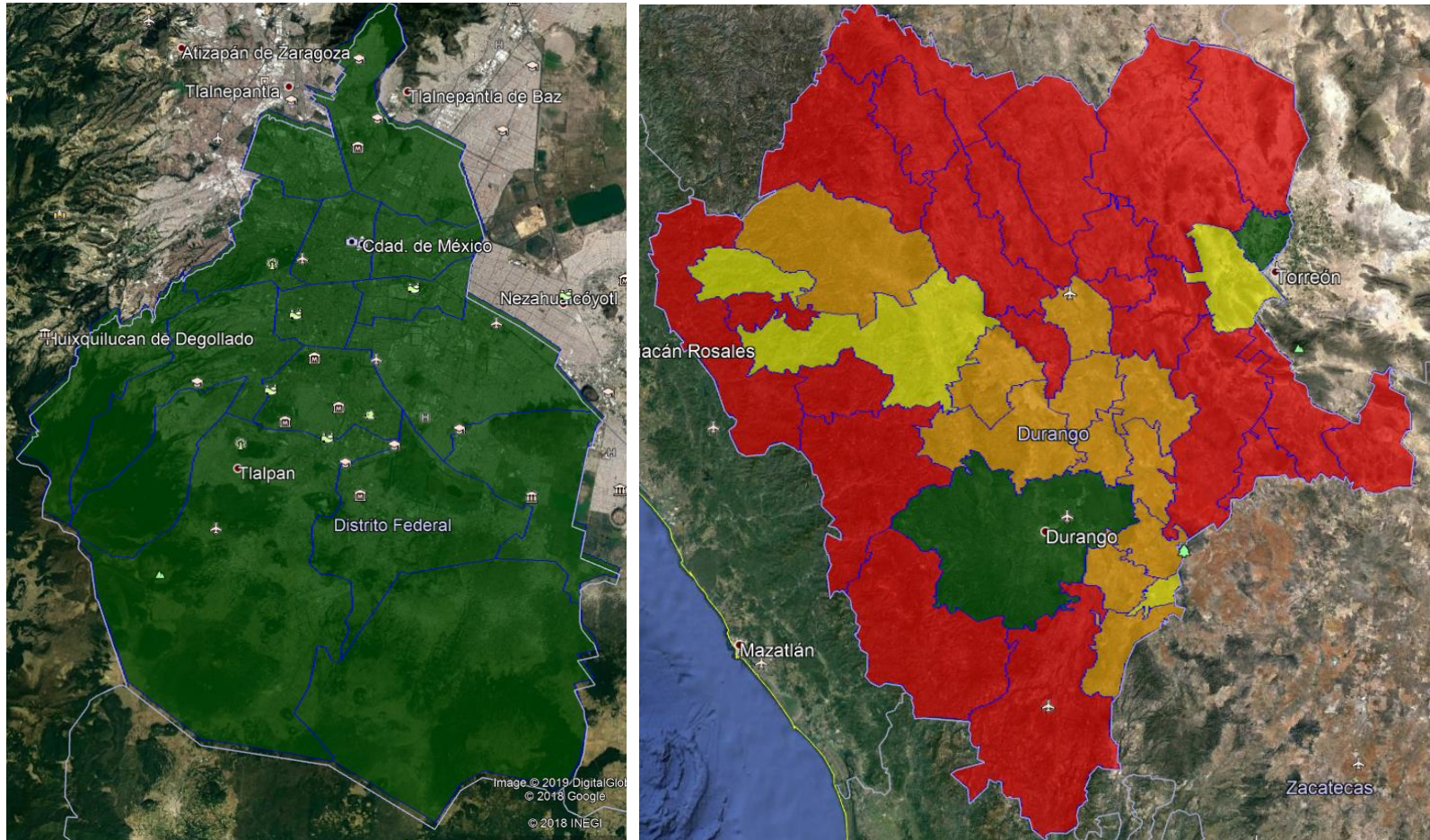
**Figura 4.3 Vivienda vulnerable a nivel municipal Baja California Sur y Campeche (Google earth, 2019)**



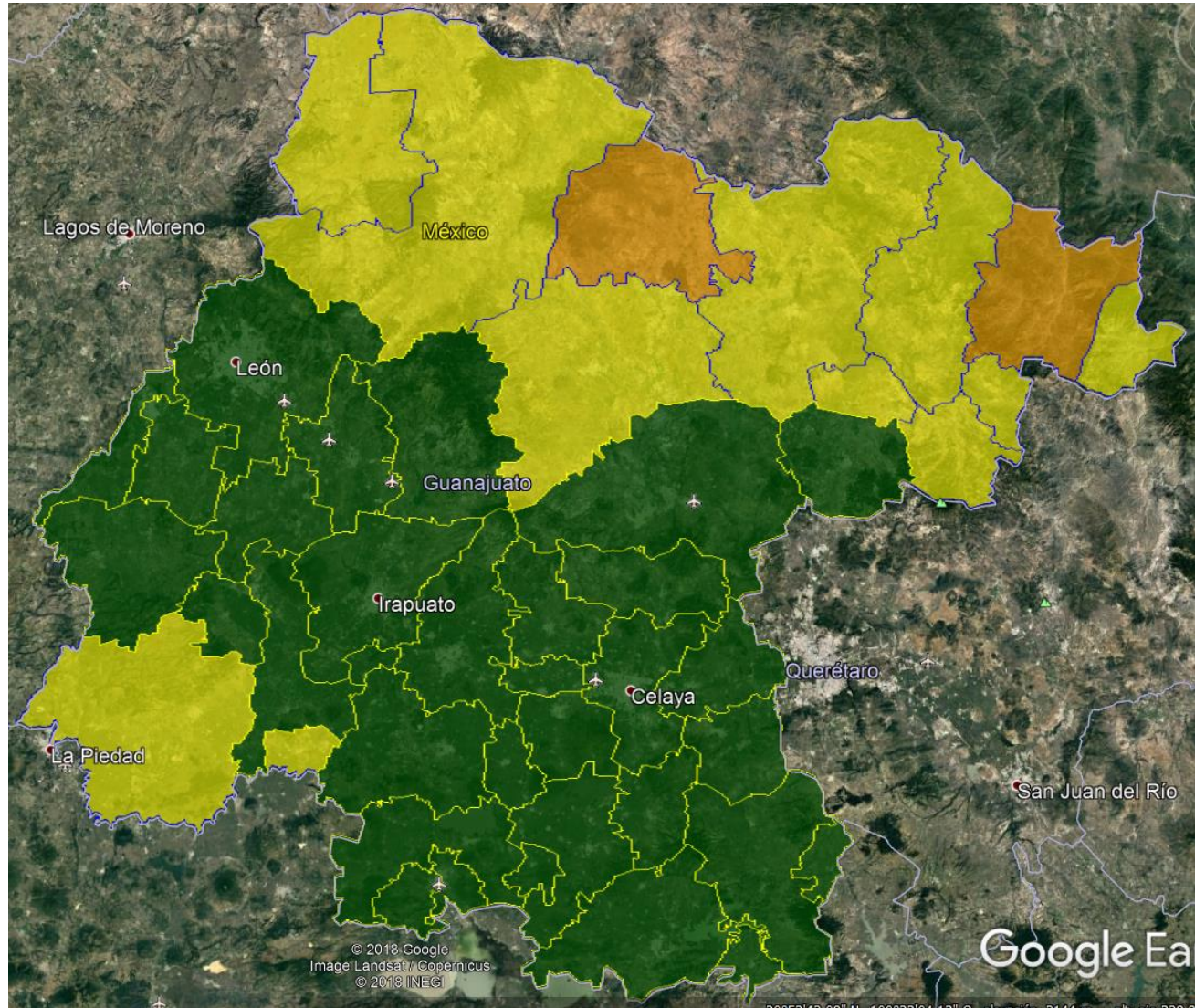
**Figura 4.4** Vivienda vulnerable a nivel municipal Chiapas y Chihuahua (Google earth, 2019)



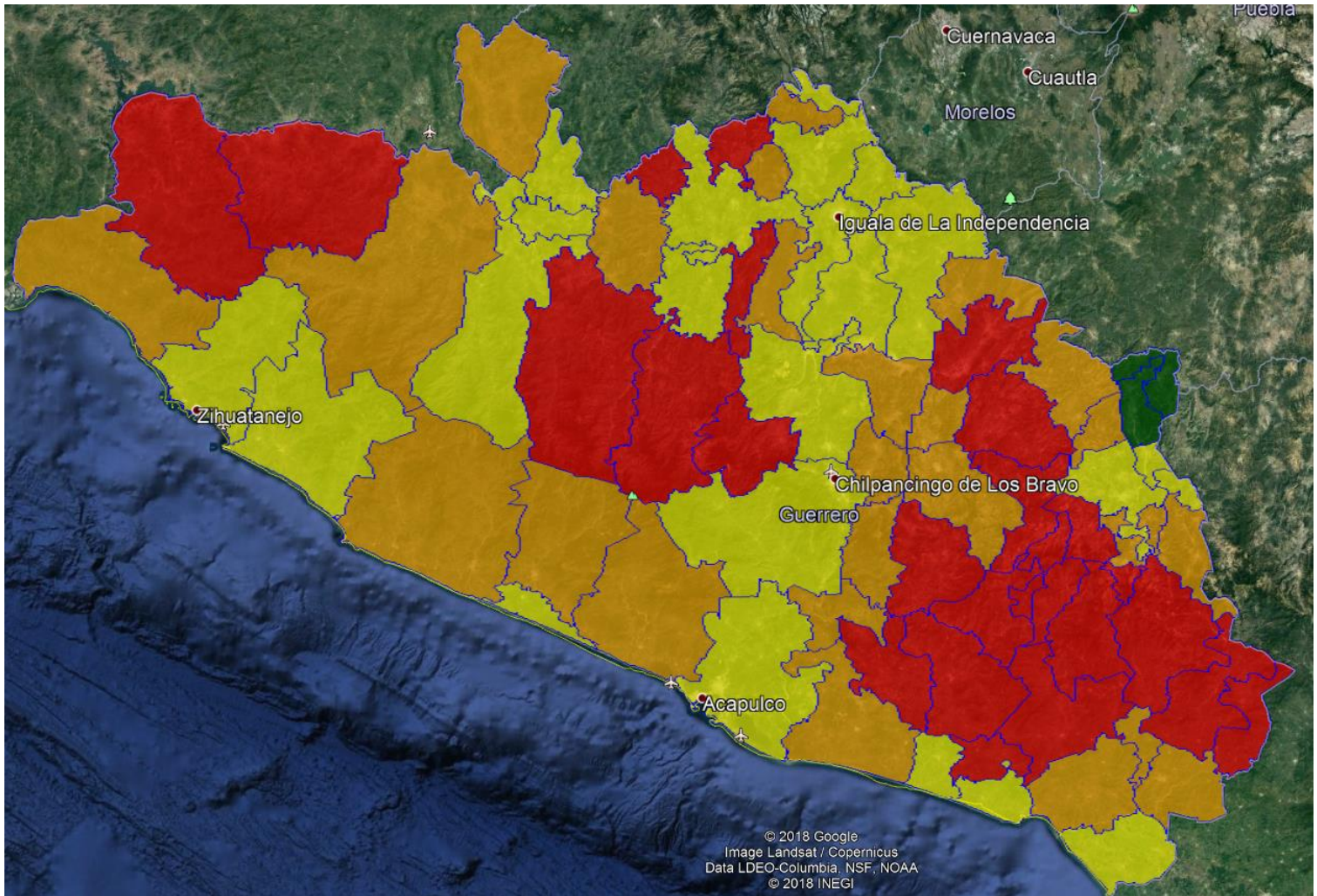
**Figura 4.5 Vivienda vulnerable a nivel municipal Coahuila y Colima (Google earth, 2019)**



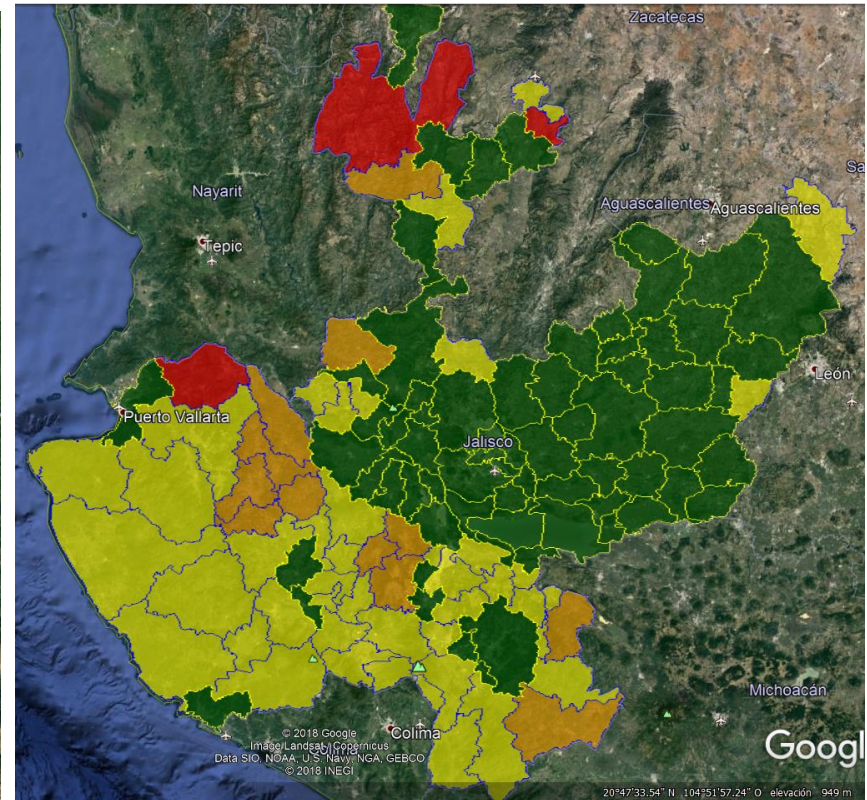
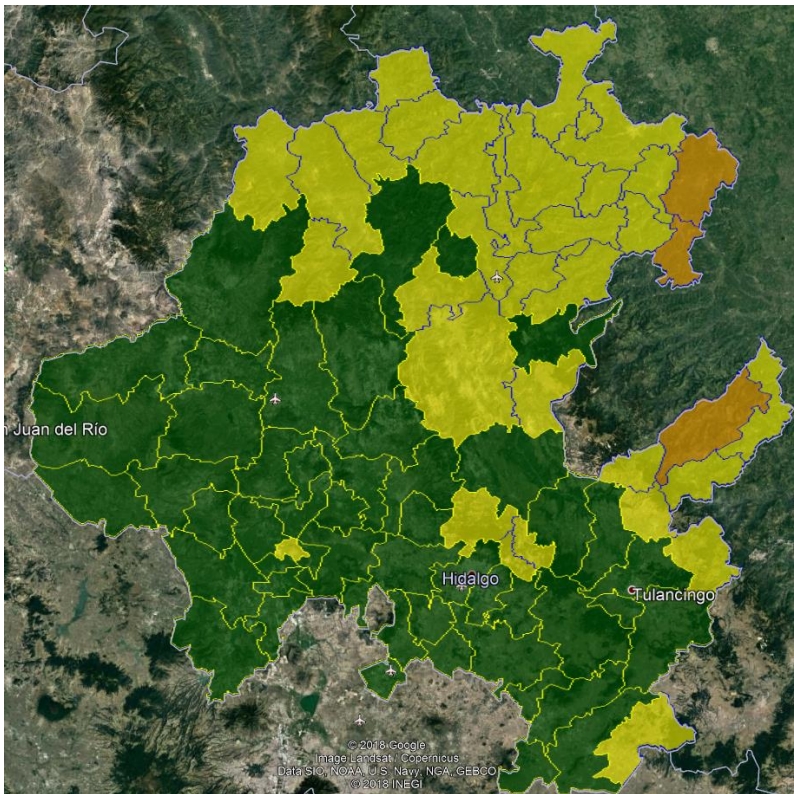
**Figura 4.6 Vivienda vulnerable a nivel municipal Ciudad de México y Durango (Google earth, 2019)**



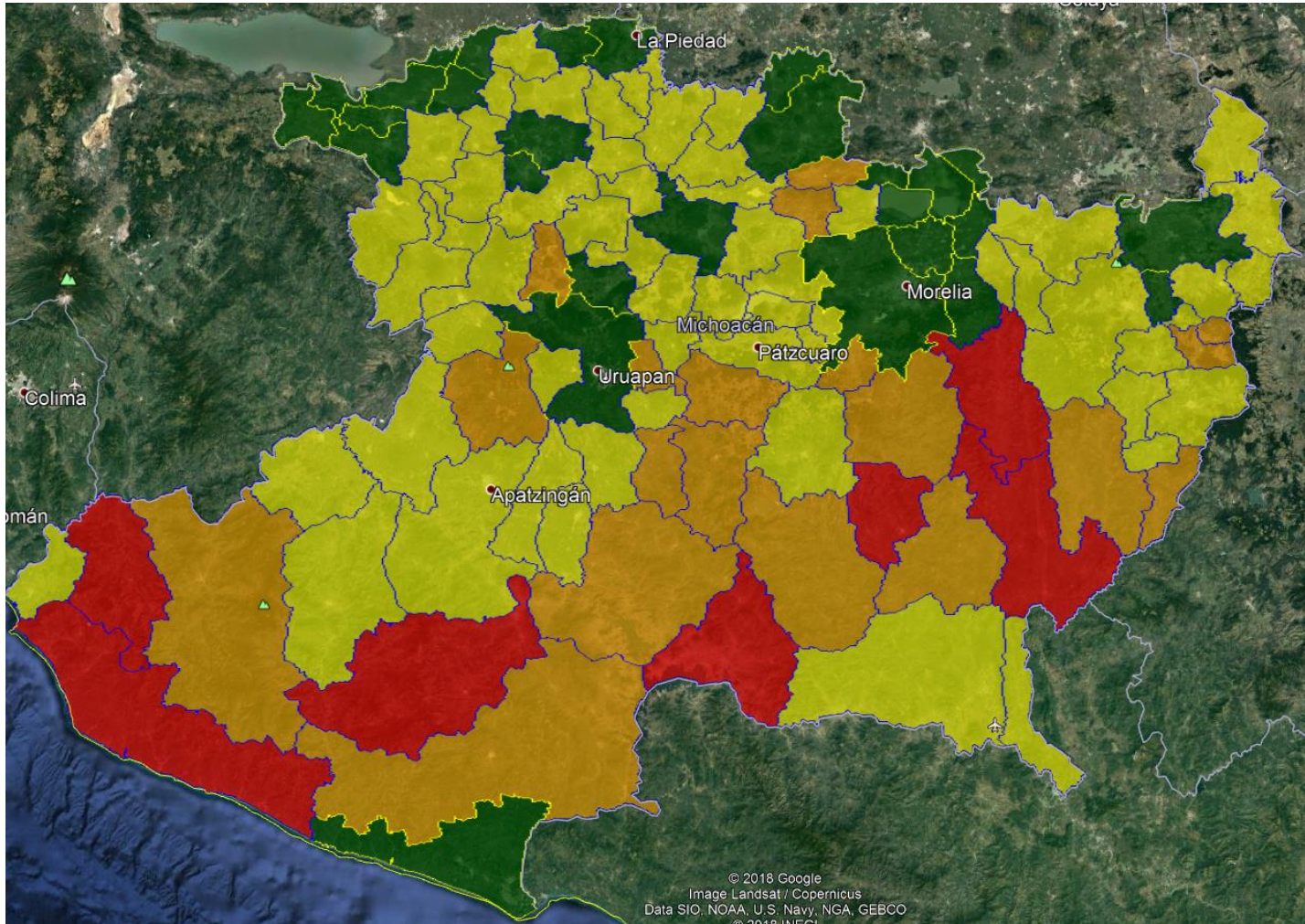
**Figura 4.7 Vivienda vulnerable a nivel municipal Guanajuato (Google earth, 2019)**



**Figura 4.8 Vivienda vulnerable a nivel municipal Guerrero (Google earth, 2019)**

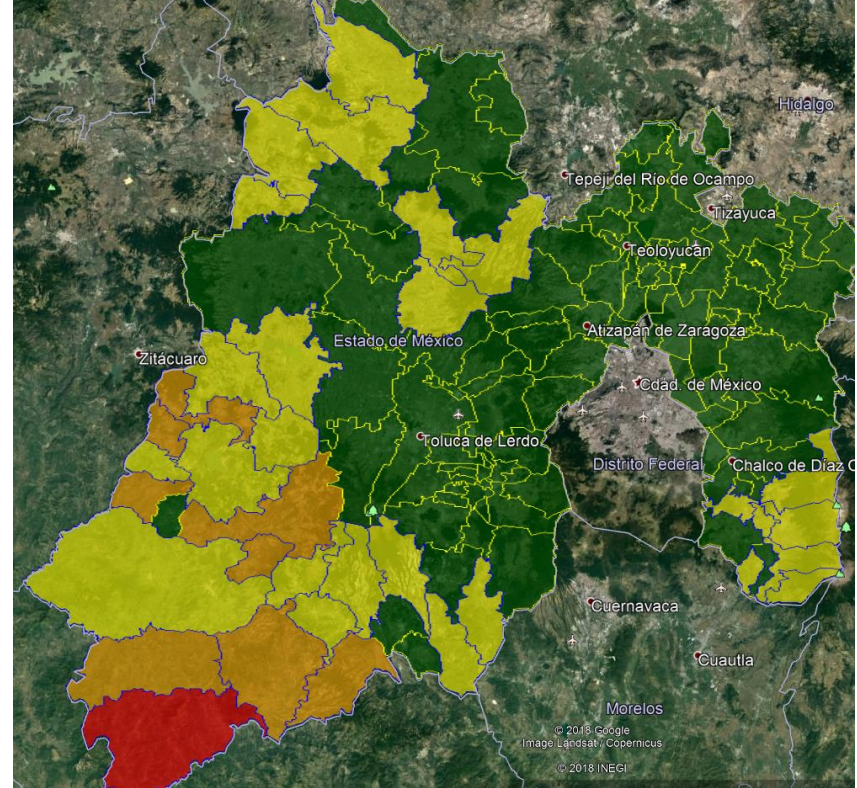
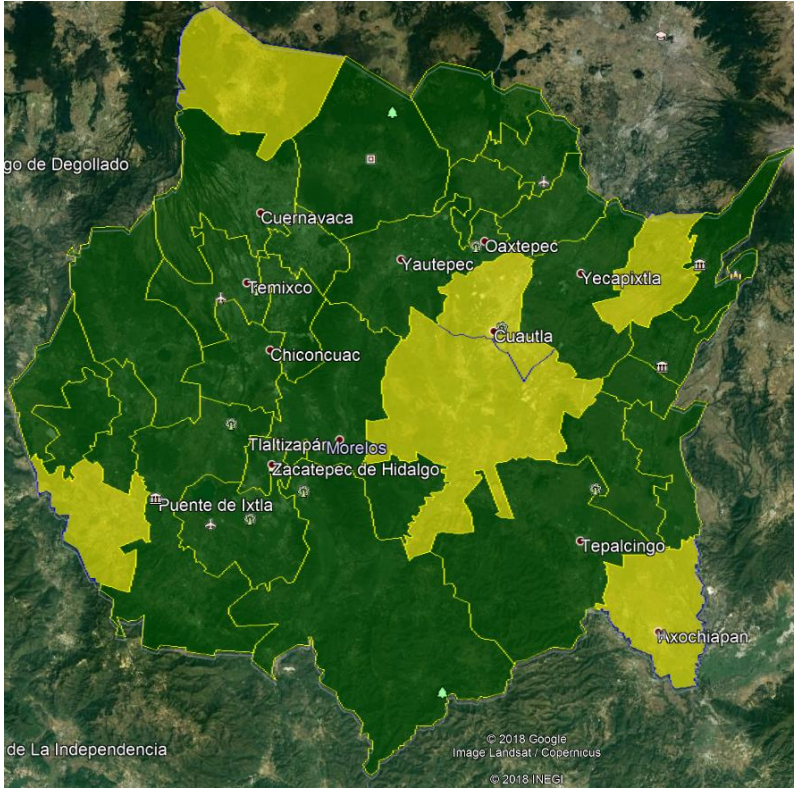


**Figura 4.9 Vivienda vulnerable a nivel municipal Hidalgo y Jalisco (Google earth, 2019)**

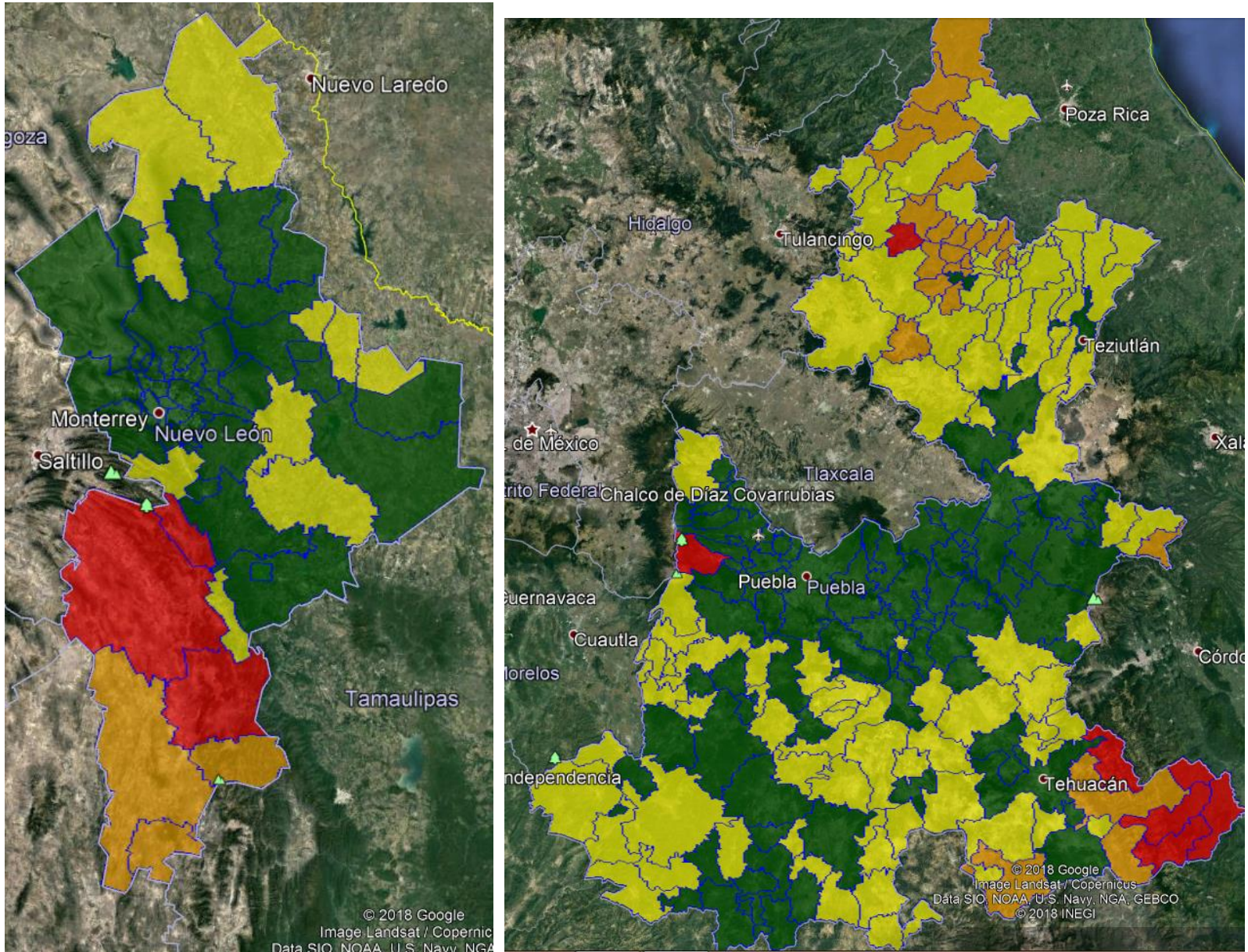


**Figura 4.10** Vivienda vulnerable a nivel municipal Michoacán (Google earth, 2019)

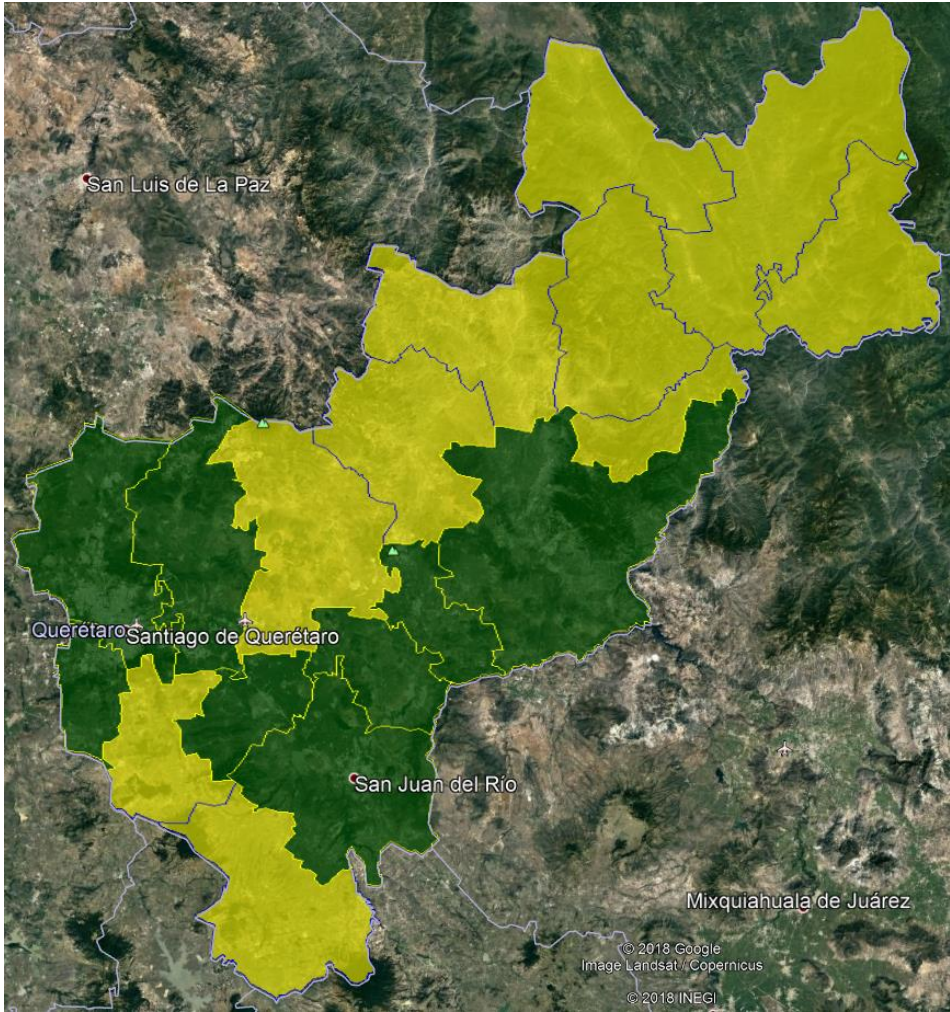


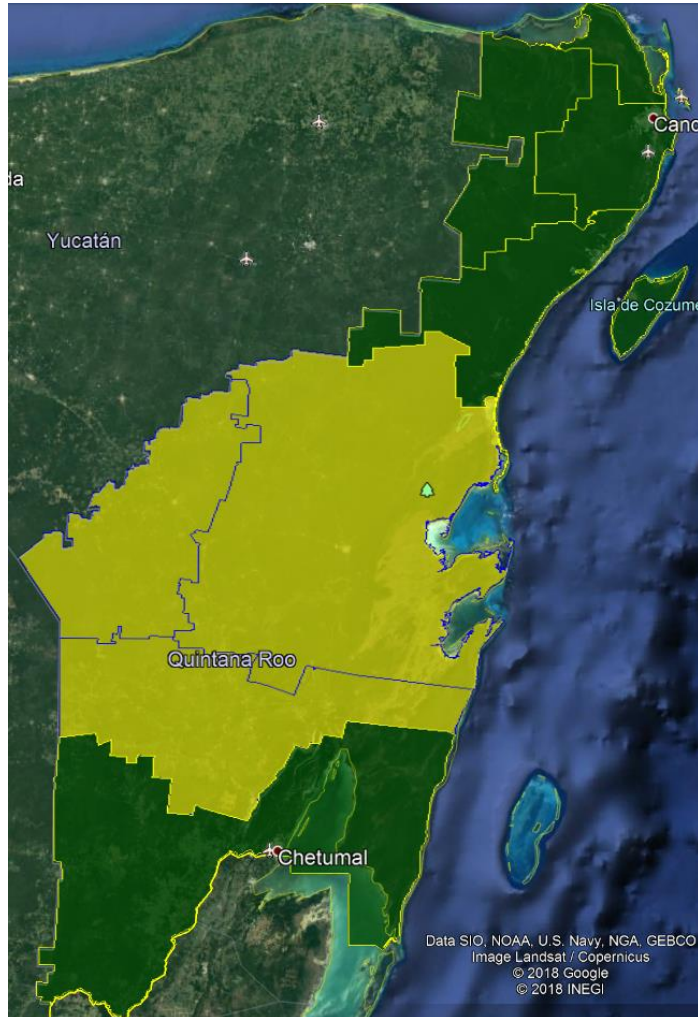


**Figura 4.11 Vivienda vulnerable a nivel municipal Morelos y Estado de México (Google earth, 2019)**

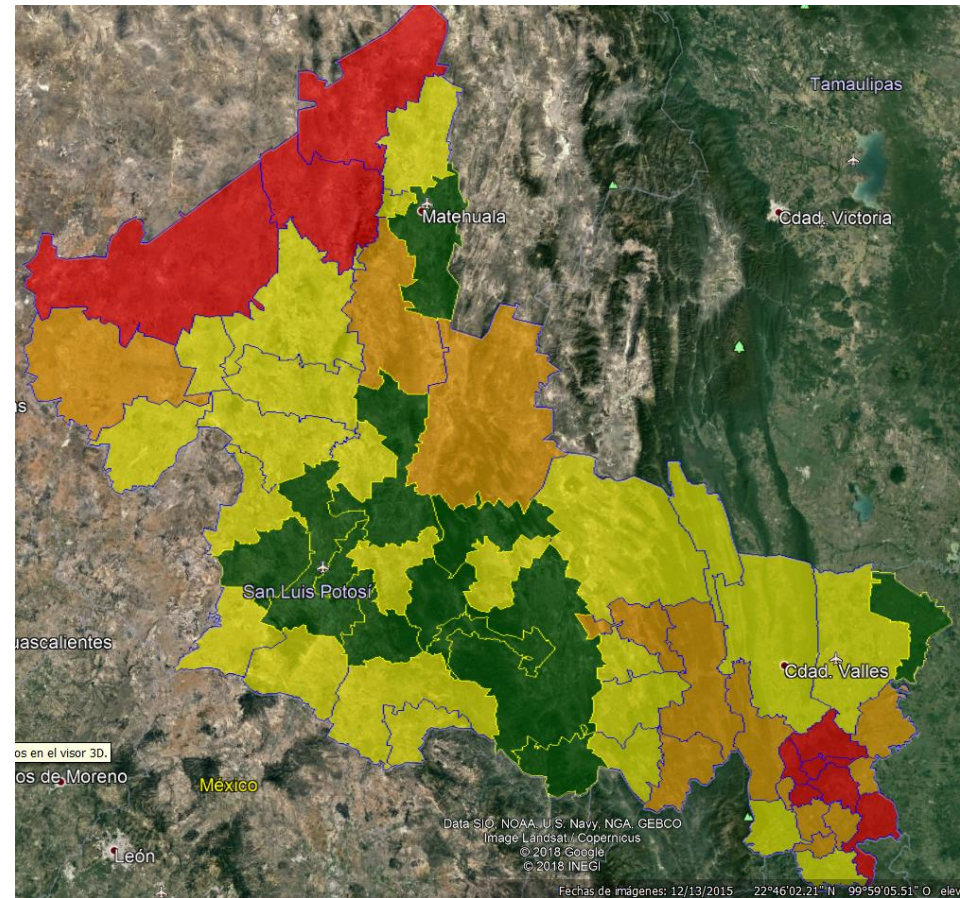
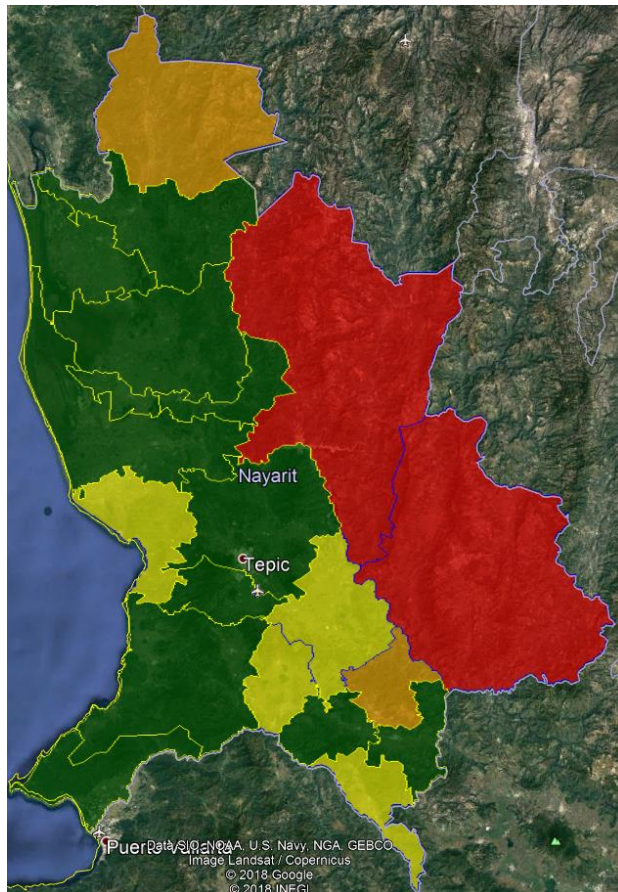


**Figura 4.12 Vivienda vulnerable a nivel municipal Nuevo León y Puebla (Google earth, 2019)**

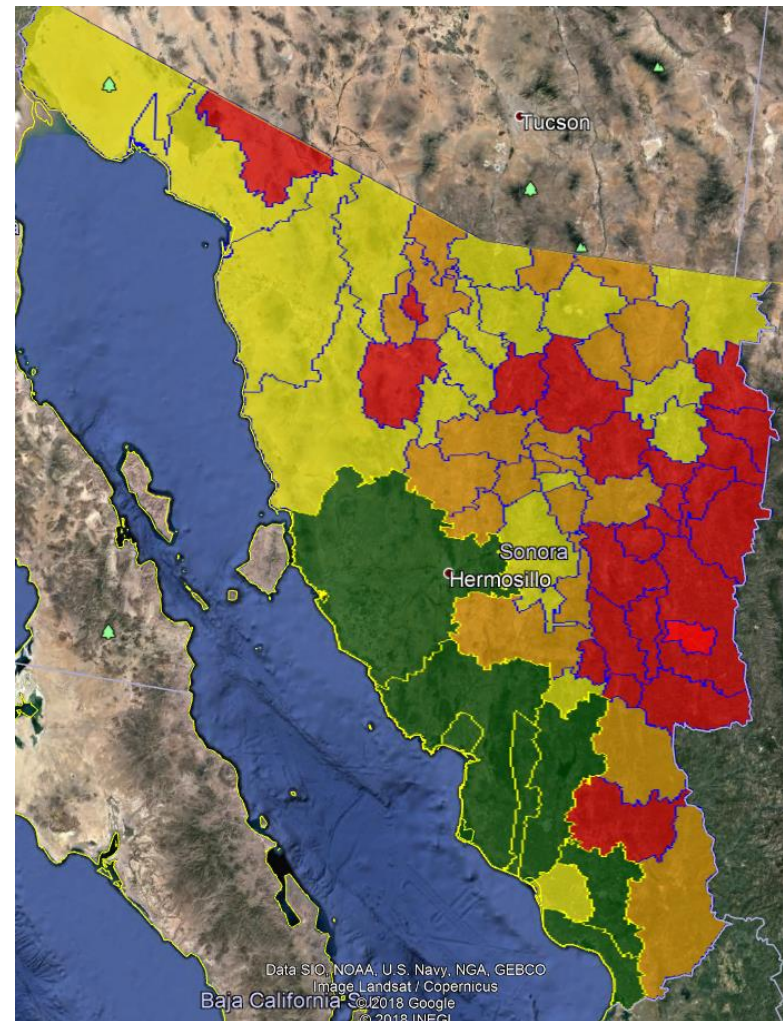
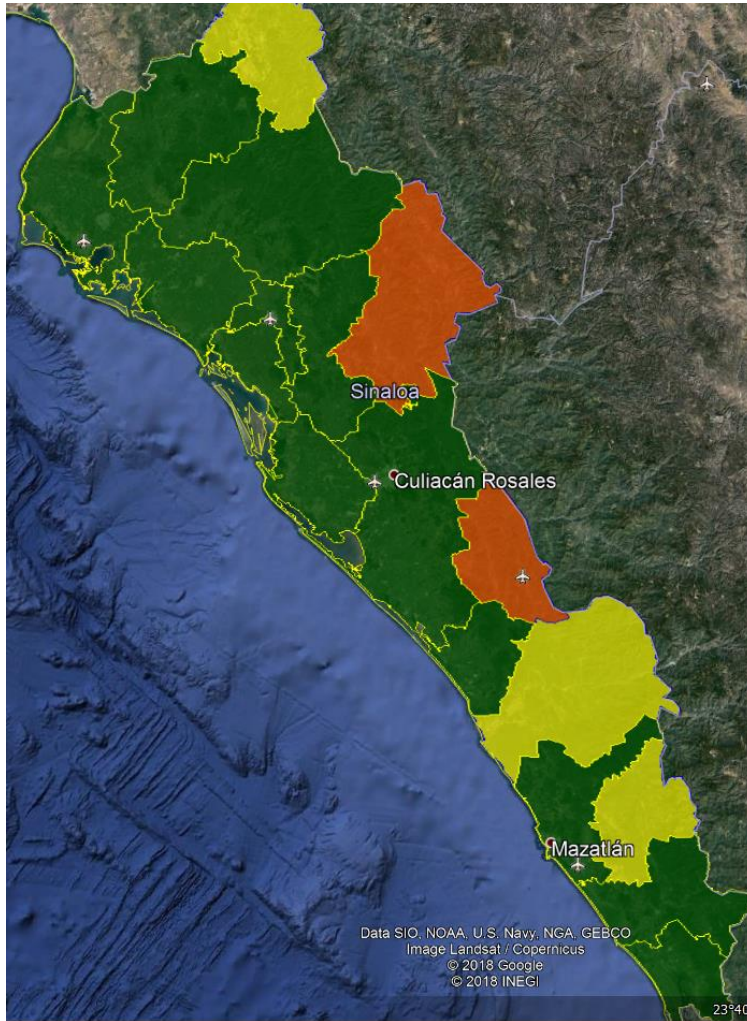




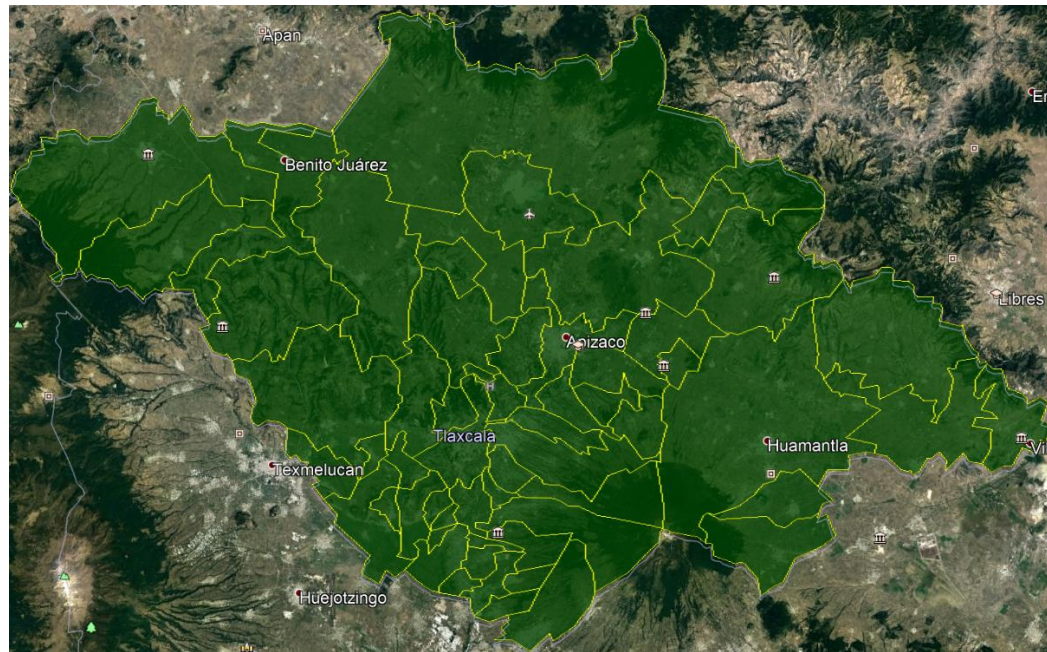
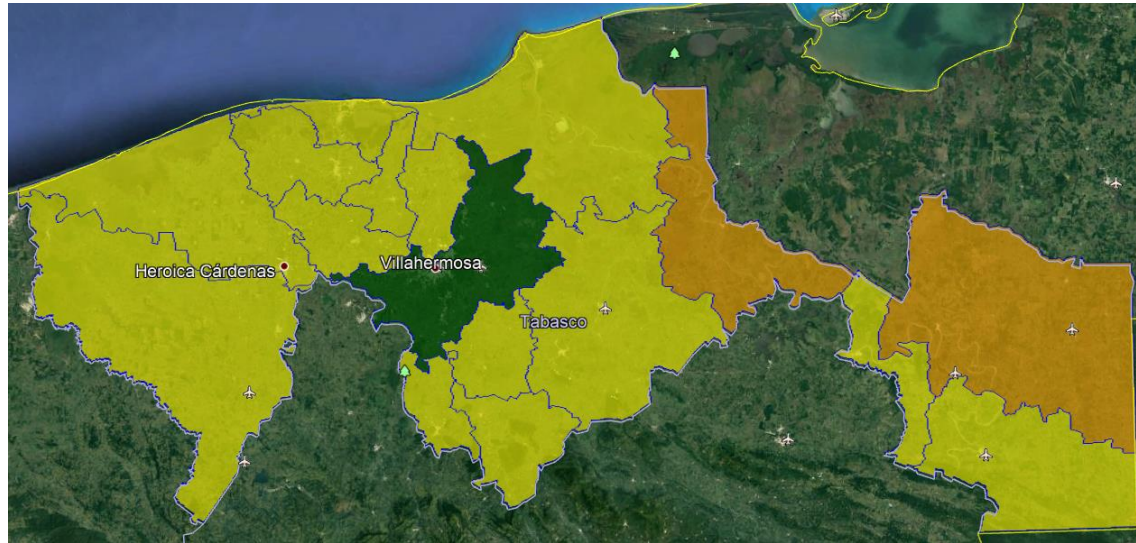
**Figura 4.13** Vivienda vulnerable a nivel municipal Querétaro y Quintana Roo (Google earth, 2019)



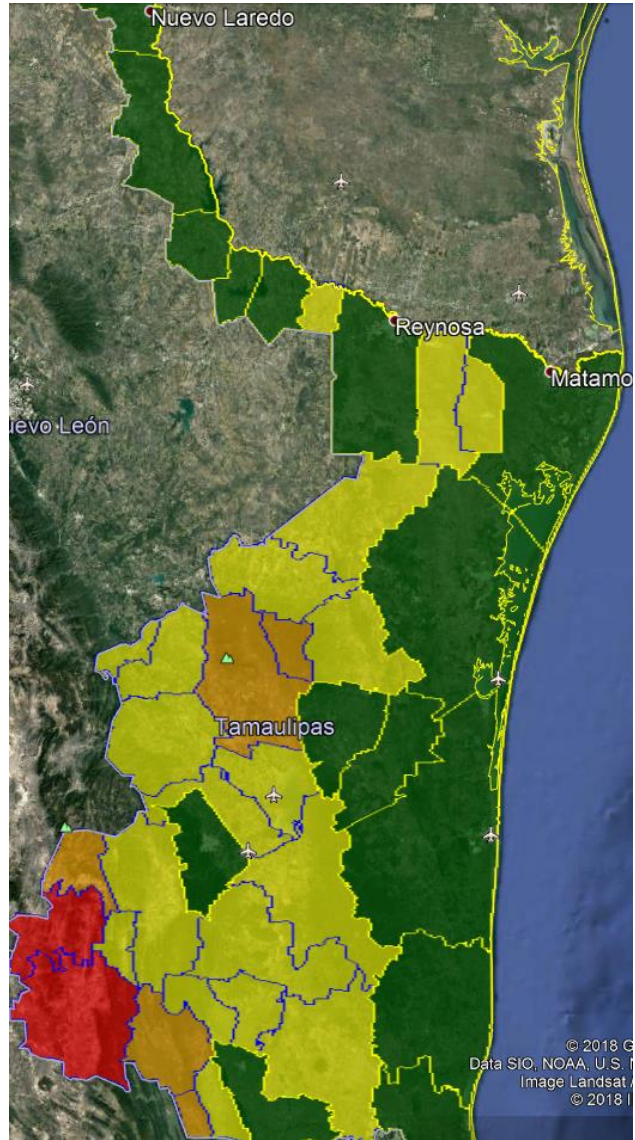
**Figura 4.14 Vivienda vulnerable a nivel municipal Nayarit y San Luis Potosí (Google earth, 2019)**



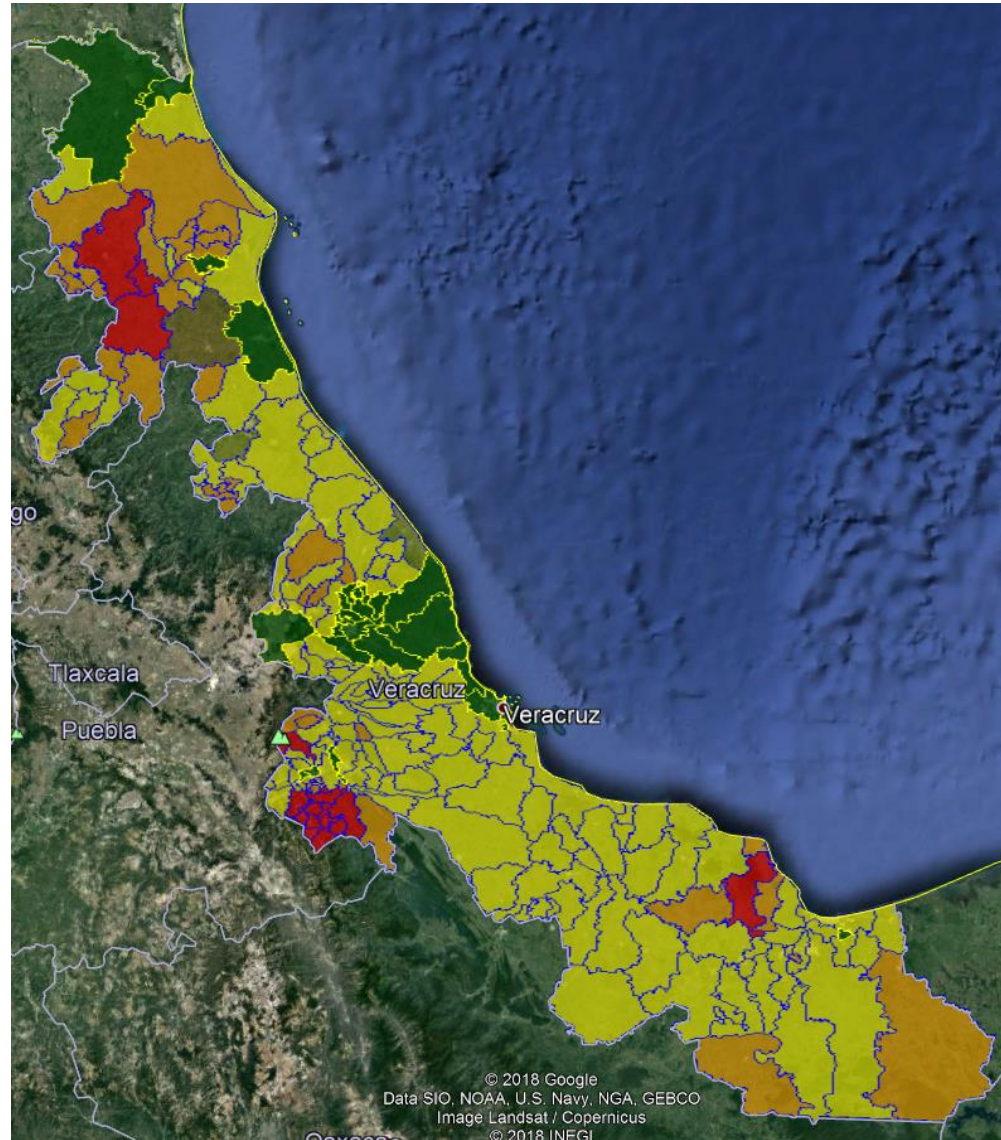
**Figura 4.15 Vivienda vulnerable a nivel municipal Sinaloa y Sonora (Google earth, 2019)**



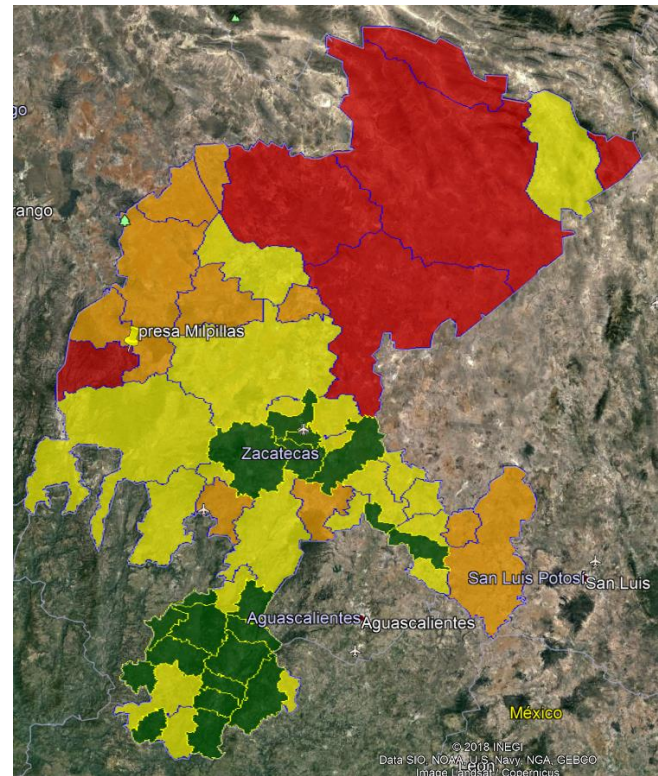
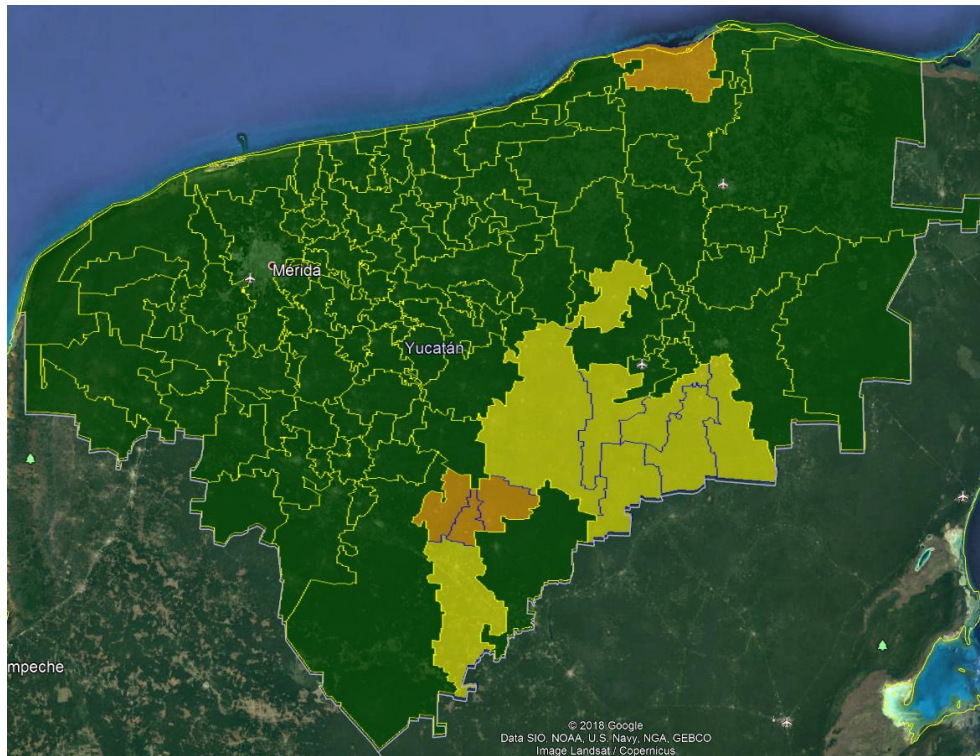
**Figura 4.16** Vivienda vulnerable a nivel municipal Tabasco y Tlaxcala (Google earth, 2019)







**Figura 4.17** Vivienda vulnerable a nivel municipal Tamaulipas y Veracruz (Google earth, 2019)



**Figura 4.18 Vivienda vulnerable a nivel municipal Yucatán y Zacatecas (Google earth, 2019)**

---

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES**

Tomando en cuenta únicamente el porcentaje de vivienda construida con materiales precarios en cada municipio se observan un panorama general de las condiciones de edificación de vivienda en el país.

Como se observa en los mapas del capítulo 4, aquellas zonas alejadas de los centros urbanos o de vías de comunicación importantes, concentran las viviendas construidas con materiales no adecuados en cuanto a resistencia, coincidiendo estas zonas con localidades de orografías muy accidentadas, entre otros aspectos, que caen en el campo de estudio de la vulnerabilidad social.

Los estados que resultaron con mayores porcentajes de vivienda vulnerable físicamente, además de los siempre señalados estados del sur del país, se encuentran al norte en la altiplanicie mexicana, destacando los casos de Durango y Zacatecas, cabe señalar como se ha reiterado en varias ocasiones en este documento, que estos números son muy conservadores, debido a que consideran el porcentaje acumulado de vivienda con materiales como madera y adobe con techos flexibles, además de aquella vivienda que no entra en ninguna de las categorías de la clasificación planteada, por lo que en primer lugar para realizar un estudio más confiable es realizar vivistas de campo, donde se obtenga información detallada de las construcciones típicas de cada región.

Lo anterior, debido a que en algunos casos, que una vivienda esté construida con materiales precarios no significa que sea altamente vulnerable, esto se tendría que evaluar para cada municipio en particular. Por ejemplo en las regiones montañosas del norte país donde el peligro sísmico y la exposición ante vientos fuertes (huracanes) también es baja, quizá lo óptimo sea construir en madera, que además de ser el material con mayor disponibilidad, sea lo suficientemente adecuado en resistencia y economía para cubrir las necesidades locales.

Por otro lado, existen estados como Veracruz, que a pesar de contar con buenas vías de comunicación y tener disponibilidad de materiales, el alto porcentaje de vivienda de autoconstrucción hace que las condiciones consideradas para el estado sean de vulnerabilidad media, sin embargo, igual que en los casos anteriores se debe de realizar el análisis particular para cada municipio con el fin de medir los peligros a que están expuestos y evaluar la necesidad de mejorar el tipo de vivienda existente.

Finalmente, en trabajos futuros se considerará la elaboración de funciones de vulnerabilidad para las cinco tipologías presentadas con el fin de avanzar en la estimación de la vulnerabilidad de vivienda. Aunque se hace énfasis en utilizar los métodos presentados en la Guía Básica para la elaboración de atlas de Peligros y riesgos en el tomo de evaluación de la vulnerabilidad Física y social, publicado por el CENAPRED.

## ANEXO 1

Como ejemplo para el cálculo del índice de vulnerabilidad sísmica, a continuación se presenta el caso del Estado de Colima.

Entidad federativa	Municipio	Estimador	Viviendas particulares habitadas <sup>1</sup>	Resistencia de los materiales en paredes				
				Material de desecho o lámina de cartón	Embarro o bajareque, lámina de asbesto o metálica, carrizo, bambú o palma	Madera o adobe	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Material no especificado
06 Colima	Total	Valor	204,949	0.37	0.69	2.43	96.30	0.21

Nota: Los límites de confianza se calculan al 90 por ciento.

<sup>1</sup> Excluye las siguientes clases de vivienda: locales no construidos para habitación, viviendas móviles y refugios.

**Tabla A.1 Estimadores de las viviendas particulares habitadas y su distribución porcentual según resistencia de los materiales en paredes por municipio (INEGI, 2015)**

Entidad federativa	Municipio	Estimador	Viviendas particulares habitadas <sup>1</sup>	Resistencia de los materiales en techos				
				Material de desecho o lámina de cartón	Lámina metálica, lámina de asbesto, lámina de fibrocemento, palma o paja, madera o tejamanil	Teja o terrado con viguería	Losa de concreto o viguetas con bovedilla	Material no especificado
06 Colima	Total	Valor	204,949	0.83	21.63	2.44	74.85	0.25

Nota: Los límites de confianza se calculan al 90 por ciento.

<sup>1</sup> Excluye las siguientes clases de vivienda: locales no construidos para habitación, viviendas móviles y refugios.

**Tabla A.2 Estimadores de las viviendas particulares habitadas y su distribución porcentual según resistencia de los materiales en techos por municipio (INEGI, 2015)**

En la Tablas A.1 y A.2, se observa la distribución porcentual a nivel estatal, de las viviendas particulares habitadas según la resistencia de los materiales en paredes y techos, de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI. De acuerdo a los alcances de este documento, únicamente son de nuestro interés las cifras totales del Estado y que engloban un total de 204,949 viviendas particulares habitadas.

Resistencia de los materiales en paredes por Estado									
Entidad federativa / Concepto	Material de desecho	Lámina de cartón	Lámina de asbesto o metálica	Carrizo, bambú o palma	Embarro o bajareque	Madera	Adobe	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	Material no especificado
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2.44E-05	9.27E-05	2.93E-05	0.000434254	2.93E-05	0.003127607	7.32E-05	0.03573572	5.37E-05
2	0.000453771	0.000483047	0.000585512	0.000434254	3.90E-05	0.000800199	0.003005626	0.216966172	0.000478168
3	3.90E-05	0.000517202	5.37E-05	7.32E-05	0	0.000102465	0.002371322	0.025591733	1.46E-05
4	7.32E-05	0.000156136	5.86E-05	6.83E-05	0	0.000151257	0.000297635	0.026821307	5.86E-05
5	9.27E-05	0.000190291	2.44E-05	1.46E-05	0	0.000190291	0.002556734	0.03831197	2.44E-05
6	9.76E-06	9.76E-06	0	2.93E-05	9.76E-06	0.000141499	6.83E-05	0.007567736	1.95E-05
7	0.000375703	0.0006587	7.81E-05	0.000517202	2.93E-05	0.002342046	0.000492806	0.252091984	0.000497685
8	2.93E-05	9.76E-06	9.76E-06	1.95E-05	1.46E-05	0.000209808	0.00026348	0.011554094	3.42E-05
9	3.42E-05	1.95E-05	1.46E-05	0.004015633	6.83E-05	0.007118844	8.29E-05	0.144762843	0.000414737
10	0.000234205	0.00020005	0.000190291	1.95E-05	0	0.000141499	0.00079532	0.203601872	0.000502564
	1.37E-03	2.34E-03	1.04E-03	5.63E-03	1.90E-04	1.43E-02	1.00E-02	0.963005431	2.10E-03
<b>Total Estatal</b>	<b>Material de desecho o lámina de cartón</b>	<b>0.37%</b>	<b>Embarro o bajareque, lámina de asbesto o metálica, carrizo, bambú o palma</b>		<b>0.69%</b>	<b>Madera o adobe</b>	<b>2.43%</b>	<b>96.30%</b>	<b>0.21%</b>

**Tabla A.3 Microdatos correspondientes a los estimadores de las viviendas particulares habitadas y su distribución porcentual según resistencia de los materiales en paredes a nivel estatal (INEGI, 2015)**

En la Tablas A.3 y A.4, se presentan los microdatos a nivel estatal de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, correspondientes a la resistencia de los materiales en paredes y techos respectivamente. Por ejemplo, se puede observar que para el caso de la Tabla A.3, se presenta el desglose de los materiales de las paredes en nueve conceptos, de acuerdo a la descripción de variables de las viviendas particulares habitadas de la Encuesta Intercensal. Mientras que en la Tabla A.4, están desglosados los materiales de los techos en once conceptos.

Así mismo, se puede apreciar que los totales de la Tabla A.3 coinciden con los de la Tabla A.1. Y de igual forma, los totales de la Tabla A.4 coinciden con los de la Tabla A.2

Más adelante se podrá comprender la utilidad del desglose de conceptos tanto para los materiales de paredes como de techos, en la aplicación del criterio simplificado para evaluar cualitativamente la vulnerabilidad de la vivienda ante la acción del sismo.

Resistencia de los materiales en techos por Estado											
Entidad federativa / Concepto	Material de desecho	Lámina de cartón	Lámina metálica	Lámina de asbesto	Lámina de fibrocemento	Palma o paja	Madera o tejamanil	Terrado con viguería	Teja	Losa de concreto o viguetas con bovedilla	Material no especificado
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.000102465	0.000585512	0.000487926	0.0239523	0.000322031	0.000370824	0.000829475	2.93E-05	0.000897784	0.011968831	5.37E-05
2	0.000419617	0.000639183	0.001688225	0.024937911	0.000224446	0.000141499	0.000419617	0	0.00436694	0.18991554	0.000492806
3	1.95E-05	0.000390341	0.000444013	0.010358675	0.000151257	1.95E-05	0.000175653	9.76E-06	0.001595519	0.015599003	0
4	4.39E-05	0.000146378	0.000414737	0.009099825	5.86E-05	0	7.81E-05	0	0.000892905	0.016867611	8.29E-05
5	7.32E-05	0.000161016	0.000648942	0.008158127	3.90E-05	0	0.000229325	0	0.001000249	0.031061386	3.42E-05
6	4.88E-06	2.44E-05	4.88E-05	0.004649937	7.81E-05	0	2.93E-05	0	0.000683097	0.002303012	3.42E-05
7	0.000507443	0.00370824	0.001507692	0.026308984	0.000580632	0.000897784	0.000605029	6.83E-05	0.004327906	0.217932266	0.000639183
8	3.42E-05	0.000107344	0.000146378	0.002849489	5.86E-05	0	3.90E-05	0	0.000258601	0.008567985	8.29E-05
9	9.27E-05	0.000722131	0.001488175	0.079005021	0.00099049	0.000239084	0.000541598	0	0.009275478	0.063674378	0.000502564
10	0.000248842	0.000258601	0.000770923	0.011007617	0.000922181	0	0.000317152	7.81E-05	0.000888026	0.19064255	0.000551357
	1.55E-03	6.74E-03	7.65E-03	2.00E-01	3.43E-03	1.67E-03	3.26E-03	1.85E-04	2.42E-02	0.748532562	2.47E-03
Total Estatal	Material de desecho o lámina de cartón	0.83%			Lámina metálica, lámina de asbesto, lámina de fibrocemento, palma o paja, madera o tejamanil	21.63%	Teja o terrado con viguería	2.44%	74.85%	0.25%	

**Tabla A.4 Microdatos correspondientes a los estimadores de las viviendas particulares habitadas y su distribución porcentual según resistencia de los materiales en techos a nivel estatal (INEGI, 2015)**

En la Tablas A.5 y A.6, se presentan los resultados obtenidos a partir de los microdatos de las tablas anteriores. Por ejemplo, en el caso de la A.5, el 96.301% de muros de mampostería, es el resultado de la sumatoria de la columna referente al octavo concepto de la Tabla A.3 (tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto). El 1% de muros de adobe, es el resultado de la sumatoria de la columna del séptimo concepto y multiplicada por 100, para obtenerlo en porcentaje. Finalmente, el 2.70% de muros de material débil, es el

---

resultado de la sumatoria de los totales de material de desecho o lámina de cartón, embarro o bajareque, lámina de asbesto o metálica, carrizo, bambú o palma, madera y material no especificado de la Tabla A.3.

Entidad federativa	Muros de mampostería	Muros de adobe	Muros de material débil
06 Colima	96.301%	1.001%	2.699%

**Tabla A.5 Distribución porcentual estatal de las viviendas particulares habitadas según resistencia de los materiales en paredes de acuerdo al INEGI**

En el caso de la Tabla A.6, el 25.128% de techos flexibles, es el resultado de la sumatoria de los totales de material de desecho o lámina de cartón, lámina metálica, lámina de asbesto, lámina de fibrocemento, palma o paja, madera, tejamanil, teja y material no especificado de la Tabla A.4. El 74.872% de techos rígidos, es el resultado de la sumatoria de la columna referente al octavo concepto (terrado con viguería) y multiplicada por 100, para obtenerlo en porcentaje. Más la sumatoria de la columna del décimo concepto (losa de concreto o viguetas con bovedilla) de la Tabla A.4.

Entidad federativa	Techos flexibles	Techos rígidos
06 Colima	25.128%	74.872%

**Tabla A.6 Distribución porcentual estatal de las viviendas particulares habitadas según resistencia de los materiales en techos de acuerdo al INEGI**

Clasificación de viviendas de acuerdo con la tipología de la Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y riesgos según características usadas por el INEGI para el Estado de Colima								
Entidad federativa		Muros de mampostería con techos rígidos	Muros de mampostería con techos flexibles	Muros de adobe con techos rígidos	Muros de adobe con techos flexibles	Muros de materiales débiles con techos flexibles	Viviendas contempladas en las tipologías	Viviendas no contempladas en las tipologías
06 Colima	Total	147772.23	49594.81	1535.61	515.38	1389.85	200807.88	4141.12
	Total %	72.10	24.20	0.75	0.25	0.68	97.98	2.02

**Tabla A.7 Distribución porcentual de la vivienda particular habitada de acuerdo a su clasificación con la tipología de la Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y riesgos según características usadas por el INEGI para el Estado de Colima**

Para la obtención de la Tabla A.7, como ejemplo se muestra la obtención del número total de viviendas particulares habitadas construidas a base de muros de mampostería con techos rígidos (tipología 1). Se debe de multiplicar el total de viviendas particulares habitadas de la Tabla A.1, por el porcentaje de muros de mampostería de la Tabla A.5 y por el porcentaje de techos rígidos de la Tabla A.6.:

Muros de mampostería con techos rígidos:  $204949 \times 0.96301 \times 0.74872 = 147773.32$

Porcentaje de Muros de mampostería con techos rígidos:  $147773.32 / 204949 = 0.721 \times 100 = 72.10\%$

Aplicando la misma metodología, se pueden obtener los resultados para las demás tipologías de vivienda de la tabla.



A continuación se presenta el cálculo del índice de vulnerabilidad física  $I_{vf}$  de cada tipología de vivienda:

	$P_i$	Zona	$P_M =$	0.5
$P_1$	0.08	A	$V_p =$	4
$P_2$	0.14	B		
$P_3$	0.36	C		
$P_4$	0.50	D		

Colima se encuentra en zona D

Tipo	$V_i$
1	1.0
2	2.3
3	3.6
4	4.0
5	3.3

Tipo	$V_i$	$V_p$	$P_i$	$P_M$	$I_{vf}$
1	1.0	4	0.5	0.5	0.250
2	2.3	4	0.5	0.5	0.575
3	3.6	4	0.5	0.5	0.900
4	4.0	4	0.5	0.5	1.000
5	3.3	4	0.5	0.5	0.825

**Tabla A.8 Índice de vulnerabilidad física  $I_{vf}$  de cada tipología de vivienda de acuerdo a la Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y riesgos según características usadas por el INEGI para el Estado de Colima**

$$I_{vf} = \frac{V_i P_i}{V_p P_M}$$

Dónde:

$I_{vf}$  representa el índice que mide la vulnerabilidad física de la vivienda;

$V_i$  representa la calificación según el tipo de vivienda de acuerdo con el tipo en la tabla 1, ya sea para sismo o para viento;

$V_p$  vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad (ver tabla 1);

$P_i$  nivel de peligro por sismo o viento en la zona en estudio, más adelante se discute qué valores toma;

$P_M$  nivel de peligro máximo por sismo o viento, en las secciones siguientes se establecen los valores.

Finalmente, para la obtención del  $I_{vf}$  del Estado de Colima de la Tabla A.9, se deben sumar los índices de vulnerabilidad física de cada una de las cinco tipologías de vivienda de la Tabla A.8 y multiplicarlos por el total de viviendas de su respectiva tipología de la Tabla A.7 y dividirlos entre el total de viviendas contempladas en las tipologías de la Tabla A.7:

Estado	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Total	$I_{vf}$
06 Colima	36943.06	28517.02	1382.05	515.38	1146.62	68504.13	0.341

**Tabla A.9 Índice de vulnerabilidad física  $I_{vf}$  del Estado de Colima de acuerdo a la Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y riesgos según características usadas por el INEGI para el Estado de Colima**

$$I_{vf} = \frac{0.25 \times 147772.23 + 0.575 \times 49594.81 + 0.9 \times 1535.61 + 1.0 \times 515.38 + 0.825 \times 1389.85}{200807.88} =$$

$$I_{vf} = 0.341$$

---

## REFERENCIAS

Centro Nacional de Prevención de Desastres (2004). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos*. Serie Atlas Nacional de Riesgos, Vol. 1, Versión 2004, ISBN 970-628-872-4, 386 pp.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social*. Serie Atlas Nacional de Riesgos, 1ª edición, noviembre de 2006, ISBN 970-628-906-2, 166 pp.

Colegio de Arquitectos del Japón (1996). *Daños Causados por el Sismo de Michoacán de 1985*. 1ª edición. México: CENAPRED-JICA.

Díaz, M.I., López, O. y Sánchez, T. (2002). *Estudio sobre el Capítulo de Seguridad Estructural de algunos Reglamentos de Construcción en la República Mexicana*. Memoria del XIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural Puebla, Pue., México 2002. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., pp. 1023-1034.

Gobierno del Distrito Federal México (2004). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, No. 8-TER., pp. 1-61.

Gobierno del Distrito Federal México (2004). *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, Tomo II, No. 103 -BIS., pp. 11-16.

Gobierno del Distrito Federal México (2004). *Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, Tomo II, No. 103 -BIS., pp. 55-64.

Huesca E. *Sismicidad y el campo de esfuerzos en la cuenca de México*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011). *Censos y Conteos de Población y Vivienda*. Recuperado de: URL (<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=27303&s=est>).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016). *Encuesta Intercensal 2015*. Recuperado de: URL (<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016). *Cuéntame...Territorio 2016*. Recuperado de: URL (<http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/extension/default.aspx?tema=T>).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016). *Área geográfica de Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado de: URL (<http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=00>).

---

Juárez H., Gómez A. y Sordo E. (2000). *Recomendaciones para reducir la vulnerabilidad sísmica de estructuras de mampostería*, 13 p.p. Recuperado de: URL ([http://www.smie.org.mx/SMIE\\_Articulos/co/co\\_11/86.PDF](http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/co/co_11/86.PDF)).

Lugo J. (1990). El Relieve de la República Mexicana. *Revista*, vol. 9, núm. 1, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, pp. 82-83.

Martínez J. y Nieto A.F. (1990). Efectos geológicos de la tectónica reciente en la parte central de México. *Revista*, vol. 9, núm. 1, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, pp. 33-41.

Meli R., Alcocer S.M., Díaz L.A., Sánchez T.A., Flores L.E., Vázquez del Mercado R. y Díaz R.R. (1994), "*Seguridad Sísmica de la Vivienda Económica*", Cuadernos de Investigación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, julio de 1994, 97 pp.

Pacheco M. A, Flores L.E., López O. y Reyes C. (2014). *Cartilla breve para refuerzo de la vivienda rural de autoconstrucción contra sismo y viento*. Centro Nacional de Prevención de Desastres, pp. 12-16.

Ruiz, J., Sánchez, T. y Miranda, E. *Observaciones sobre el comportamiento y diseño de edificaciones de mampostería en zonas sísmicas*, pp. 3-19.

Sánchez A, Flores L.E., Martínez Celis C.A., Aragón J., Castañeda A., López O., Reyes T.A., Galaviz S.A., Jiménez J.C. y Contreras M.G. (2015). *Informe de los daños por el sismo m 6.9 del 7 de julio de 2014 ocurrido en la costa de Chiapas*. Informe Técnico, Centro Nacional de Prevención de Desastres, 52 pp.

Secretaría de Gobernación, Sistema Nacional de Protección Civil-CENAPRED México (2016). *Atlas Nacional de Riesgos*. Recuperado de: URL (<http://www.anr.gob.mx/>).

Torres S., González A. y Vavilova I. (2015) "*La cita y referencia bibliográfica: guía basada en las normas APA*". Buenos Aires: Biblioteca Central UCES, 34 pp.

Obregón S, Chávez j. Repercusión de la red carretera en la localización de industrias. 2013. *Revista IC Ingeniería Civil*, Ciudad de México, pp. 14-18.