



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
E INGENIERÍA**

Análisis del efecto térmico asociado con islas  
de calor urbano en los municipios de  
Cuernavaca, Jiutepec y Temixco.

**T E S I S**

Para obtener el título de

**Licenciatura en Ingeniería Química**

**P R E S E N T A**

Karina Monserrat Ayala Cobreros

**DIRECTORA DE TESIS**

Dra. Gabriela Hernández Luna

**Cuernavaca, Morelos, 2023**



Facultad de Ciencias  
Químicas e Ingeniería

## **Agradecimientos**

A la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería por brindar un espacio, en conjunto con los profesores, en donde pude desarrollar las habilidades, aptitudes y conocimientos para lograr culminar este camino.

A mi mamá por demostrarme con amor y cariño que, con Dios, todas las cosas son posibles. Que gracias a ella y con sacrificio, nunca me hizo falta nada a través de este largo caminar hasta finalizar. Por ser siempre mi pilar, mi guía y mi ejemplo a seguir. A mi papá por creer en mí y ayudarme a continuar en mis estudios, por su gran esfuerzo y dedicación que siempre me ha brindado.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesora, Dra. Gabriela Hernández Luna, que con cariño me dio su apoyo, paciencia y dedicación en este proyecto. Que sin conocerme me brindo la confianza de ser parte de este equipo, motivándome a continuar. “La vida es un aprendizaje constante y lo mejor que puedes hacer es disfrutarlo.”

Con mucho aprecio al Dr. Rosenberg Romero, por la ayuda brindada, con su paciencia y enseñanzas, por la motivación en seguir adelante, por su confianza y sabiduría.

A todos mis amigos que formaron parte de esta bonita etapa, por enseñarme, por acompañarme, por todos los buenos momentos que pasamos y también por los difíciles. A Damián por su inagotable paciencia, por ser mi apoyo y mi mejor aliado.

## Índice

Agradecimientos .....	2
Índice de gráficas .....	5
Glosario .....	6
Resumen .....	8
1 Introducción.....	9
1.1 Calentamiento global.....	9
1.2 Objetivos del Desarrollo del Milenio.....	13
1.3 Objetivos del Desarrollo Sostenible .....	14
1.4 Consumo energético en México .....	16
1.5 Energías Renovables .....	18
1.6 Normativa del Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	19
1.7 Guía ocupacional para CO <sub>2</sub> .....	21
1.8 Islas de Calor Urbano .....	22
1.9 Impacto de las ICU en la salud en México .....	24
2 Justificación.....	25
3 Planteamiento del problema .....	26
4 Hipótesis.....	26
5 Objetivo.....	27
5.1 Objetivo general.....	27
5.2 Objetivos específicos.....	27
6 Metodología.....	28
6.1 Muestreo para gases.....	28
6.1.1 Métodos activos de muestreo .....	28
6.2 Selección de muestreo.....	29
6.2.1 Métodos pasivos de muestreo.....	29
6.3 Imágenes satelitales.....	30
6.4 Selección trayectos de evaluación .....	31
6.5 Absortancia, reflectancia y transmitancia .....	34
6.6 Luz visible .....	35
6.7 Funcionamiento de las cámaras termográficas .....	35
6.8 Datos de acceso público y localización de ICU.....	36
6.9 Instrumento de medición .....	42

6.10	Cuantificación de las hectáreas afectadas por las ICU.....	46
7	Resultados.....	48
7.1	ICU identificadas en los mapas termográficos de la zona de Cuernavaca.....	50
7.2	ICU identificadas en los mapas termográficos de la zona de Jiutepec .....	51
7.3	ICU identificadas en los mapas termográficos de la zona de Temixco .....	52
7.4	Niveles permisibles de CO <sub>2</sub> .....	60
8	Conclusiones .....	62
9	Recomendaciones .....	65
10	Bibliografía .....	66

### **Índice de tablas**

Tabla 1.	Efectos de la exposición del CO <sub>2</sub> (IVHHN, s.f.).....	20
Tabla 2.	Guía ocupacional de los niveles permisibles de CO <sub>2</sub> (IVHHN, s.f.) .....	21
Tabla 3.	Ciudades con mayor tasa de mortalidad e impacto económico (IMCO, 2010) .....	24
Tabla 4.	Localización territorial de los lugares de estudio a través de Google Earth .....	31
Tabla 5.	Simbología de la temperatura.....	41
Tabla 6.	Simbología de la limitación territorial.....	41
Tabla 7.	Rango de medición del Dispositivo JLD Quality Tester .....	43
Tabla 8.	Hectáreas de las ICU identificadas en las mediciones de la ruta 01 .....	53
Tabla 9.	Áreas de las ICU identificadas en las mediciones de la ruta 13 .....	53
Tabla 10.	Resultado de las mediciones de la calidad del aire en el trayecto ruta 01 del estado de Morelos .....	55
Tabla 11.	Resultados de la calidad del aire en el trayecto ruta 13 del estado de Morelos .....	57
Tabla 12.	Mediciones con mayor índice de CO <sub>2</sub> para ruta 01.....	63
Tabla 13.	Mediciones con mayor concentración de CO <sub>2</sub> para ruta 13 .....	63

### **Índice de figuras**

Figura 1.	Representación del efecto invernadero (Caballero, et al., 2007) .....	10
Figura 2.	Proporción de energía generada en México (Secretaría de Energía, 2022) .....	12
Figura 3.	Objetivos del Desarrollo Sostenible (ONU, 2015) .....	15
Figura 4.	Consumo Energético en México (Secretaría de Energía, 2021) .....	17
Figura 5.	Efectos de las ICU con relación a la temperatura (Amaneiro, 2023) .....	22
Figura 6.	Simulación de la acumulación del aire en el centro y bordes de las ciudades (Godoy Uribe, s.f.) .....	23
Figura 7.	Presentación del software My Maps .....	31
Figura 8.	Recorridos de la ruta 01 .....	32

Figura 9. Recorridos de la ruta 13 .....	33
Figura 10. Representación de la absortancia, reflectancia y transmitancia (UNSA, 2008) .....	34
Figura 11. Espectro electromagnético (Hernández, 2019) .....	37
Figura 12. Mapa termográfico de la Zona de Cuernavaca (COESBIO, 2017) .....	38
Figura 13. Mapa termográfico de la Zona de Jiutepec (COESBIO, 2017).....	39
Figura 14. Mapa termográfico de la Zona de Temixco (COESBIO, 2017).....	40
Figura 15. Dispositivo móvil JLDG air quality tester.....	42
Figura 16. Certificación del dispositivo JLD Quality Tester .....	43
Figura 17. Ejemplo de Toma de muestra para la recopilación de datos correspondientes a la ruta 01 en Temixco .....	45
Figura 18. Ejemplo de toma de muestra para la recopilación de datos correspondientes a la ruta 13 en la Glorieta de La Luna .....	45
Figura 19. Cálculo de hectáreas afectadas por las ICU zona Cuernavaca .....	47
Figura 20. Cálculo de hectáreas afectas por las ICU zona Jiutepec .....	47
Figura 21. Cálculo de hectáreas afectadas por las ICU zona Temixco .....	48
Figura 22. Localización de 6 ICU en la zona de Cuernavaca.....	50
Figura 23. Localización de 5 ICU en la zona de Jiutepec .....	51
Figura 24. Localización de 3 ICU en la zona de Temixco .....	52

### **Índice de gráficas**

Gráfica 1. Promedio de las mediciones de CO <sub>2</sub> para ruta 01 .....	58
Gráfica 2. Promedio de las mediciones de CO <sub>2</sub> para ruta 13.....	59

## Glosario

---

### A

ACNUR  
Alto Comisionado de las Naciones  
Unidad para los Refugiados  
Ar  
Argón

---

### C

CFE  
Comisión Federal de Electricidad  
CO  
Monóxido de Carbono  
CO<sub>2</sub>  
Dióxido de Carbono  
COESBIO  
Comisión Estatal de Biodiversidad  
COP  
Conferencia de las Partes

---

### Ch

CH<sub>4</sub>  
Metano

---

### E

ER  
Energías Renovables

---

### G

GEI  
Gases de Efecto Invernadero

---

### H

H<sub>2</sub>  
Hidrógeno  
HC  
Hidrocarburos  
HSE  
Health, Safety and Environment

---

### I

ICU  
Islas de Calor Urbano  
ILV  
Valor Límite Indicado  
IMCO  
Intituto Mexicano para la Competitividad  
INEGI  
Instituto Nacional de Estadística y  
Geografía

---

### M

MDP  
Millones De Pesos  
MEL  
Límites Máximos de Exposición

---

### N

N<sub>2</sub>  
Nitrógeno  
NIOSH  
The National Institute for Occupational  
Safety and Health  
NO<sub>2</sub>  
Oxído de Nitrógeno

---

**O**

O<sub>2</sub>

Oxígeno

O<sub>3</sub>

Ozono

ODM

Objetivos de Desarrollo del Milenio

OEL

Límites de Exposición Profesional

ODS

Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMS

Organización Mundial de la Salud

ONU

Organización de las Naciones Unidas

OSHA

Occupational Safety and Health  
Administration

---

**P**

PEL

Límites de Exposición permisible

PEMEX

Petróleos Mexicanos

PPM

Partes Por Millón

---

**R**

REL

Límites de Exposición Recomendable

---

**S**

STEL

Límite de Exposición Permisible

---

**T**

TWA

Promedio Ponderado en el Tiempo

## Resumen

El cambio climático actualmente representa uno de los mayores desafíos de la humanidad, y uno de los principales factores que incide sobre este fenómeno es el aumento de Gases de Efecto Invernadero (GEI) debido al desarrollo de las actividades humanas, proceso de producción y transportación basada en el consumo de fuentes energéticas fósiles, aunado con el crecimiento en la población mundial (Martínez et al., 2019).

Se asocia el efecto invernadero con el reemplazo de las condiciones naturales del suelo por el asfalto urbano y como consecuencia, debido a las características del material, la radiación absorbida. Las Islas de Calor Urbano ICU, son un fenómeno producido en aquellas zonas urbanas que experimentan temperaturas más altas que las zonas circundantes debido a la actividad humana. La causa principal son la acumulación de estructuras, como edificios, aceras o asfaltos, que absorben más calor además que lo liberan lentamente. A esto se suma el calor y la contaminación generada por el tráfico al igual que la industria. Todo ello agrava las consecuencias del cambio climático en las ciudades, así también disminuye la calidad de vida de sus habitantes (Jáuregui O, 1979). Ante este panorama, el siguiente trabajo de investigación realiza la identificación y cuantificación de las ICU que inciden específicamente en la zona integrada por los municipios de Cuernavaca, Jiutepec y Temixco en el estado de Morelos. A partir de las ICU identificadas, se complementa el estudio con un muestreo para la evaluación de la calidad del aire en las zonas mencionadas.

Entre los resultados principales se destaca la incidencia de 29 ha en el municipio de Cuernavaca, 29 ha en Jiutepec y 49 ha en Temixco siendo un total de 107 ha de las ICU. A esto se añade la carencia de una Norma Oficial Mexicana NOM, reguladora de las emisiones específicamente de CO<sub>2</sub>, en consecuencia, los municipios de estudio sobrepasan los límites permisibles de CO<sub>2</sub> en el ambiente.



# 1 Introducción

## 1.1 Calentamiento global

El cambio climático actualmente representa uno de los mayores desafíos de la humanidad, y uno de los principales factores que incide sobre este fenómeno es el aumento de Gases de Efecto Invernadero GEI, debido al desarrollo de las actividades humanas, proceso de producción y transportación basada en el consumo de fuentes energéticas fósiles, junto con el crecimiento en la población mundial (Martínez et al., 2019).

La acumulación de los GEI, es un fenómeno natural que permite al planeta reunir las condiciones necesarias para albergar la vida. La atmósfera captura los rayos del Sol que llegan a la corteza terrestre manteniéndolos para conseguir una temperatura adecuada.

La atmósfera está compuesta por diversos gases naturales el Nitrógeno ( $N_2$ ) 78.1%, Oxígeno ( $O_2$ ) 20.9% y Argón (Ar) 0.93% aportando el 99.93% y el restante 0.07% lo constituyen otros gases como el vapor del agua ( $H_2O$ ), Dióxido de carbono ( $CO_2$ ), Metano ( $CH_4$ ), Óxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ) y el Ozono ( $O_3$ ). En la proporción adecuada estos gases cumplen con la función de proteger a la Tierra de la radiación directa del Sol, representado en la Figura 1. Sin embargo, al aumentar la concentración de estos gases por causas antropogénicas, se retiene más calor del necesario provocando el aumento de temperaturas, el deshielo de los polos, la desertificación, los incendios y tormentas e inundaciones, a estos cambios se le conoce como cambio climático (Caballero et al., 2007).

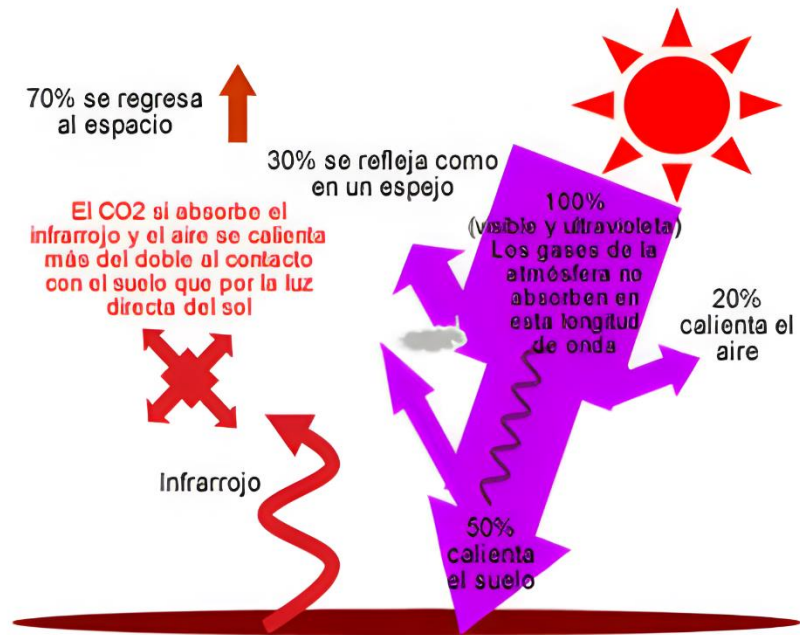


Figura 1. Representación del efecto invernadero (Caballero, et al., 2007)

Precisamente la realización de las actividades humanas sin regulación y sin el debido cuidado por el medio ambiente dan origen a estas alteraciones con relación al incremento de temperatura de la atmósfera y, por tanto, se define como calentamiento global a esta elevación de temperatura (Caballero et al., 2007).

Las Naciones Unidas UN, definen como cambio climático a los cambios de largo plazo de temperatura, la ciencia ha demostrado que las personas somos responsables del calentamiento global de los últimos 200 años. Pues desde el siglo XIX, han sido las actividades humanas el principal motor del cambio climático, debido especialmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas.

La medición rutinaria de la temperatura atmosférica en estaciones meteorológicas ha permitido el monitoreo de esta variable en diversas regiones del planeta desde finales del siglo XIX. Gracias a estos datos, la temperatura media del planeta ha experimentado un incremento significativo de casi 0.5°C. El calentamiento global ha ido de la mano con una tendencia hacia un incremento en el CO<sub>2</sub> atmosférico, indicando que la causa de esta tendencia hacia el calentamiento es una intensificación del efecto invernadero. De allí que frecuentemente se usen indistintamente ambos términos, pero mientras uno describe el fenómeno del incremento de temperatura reciente, el otro se refiere al mecanismo que lo causa (Caballero et al., 2007).

Así mismo, se hace énfasis al calentamiento global y no al cambio climático, pues el calentamiento global es la manifestación más evidente del cambio climático.

El Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados ACNUR, expone los principales efectos del calentamiento global como la disolución de los glaciares, así como también la afectación de los patrones climáticos, modificando cuando y cuanto llueve en cada región por lo anterior, esto tiene consecuencias económicas además de ecológicas.

#### 1) Emisión de GEI

La quema de combustible fósil como la gasolina y diésel incluso la producción de electricidad de fuentes no renovables, genera emisiones de CO<sub>2</sub>, el cual habiendo un exceso de este compuesto es perjudicial para el planeta.

La generación de electricidad en México resulta en gran medida del uso de combustibles fósiles. Para el año 2022, el consumo de la generación de energía fue realizada empleando petróleo crudo como principal insumo energético representado el 55.15%, seguido del gas natural en un 22.26%, las energías renovables abarcando un 14.73%, condensados 4.15% y el carbón

con un 1.94%. El petróleo crudo ha sido desde hace 20 años el principal insumo energético en la generación eléctrica (Secretaría de Energía, 2022).

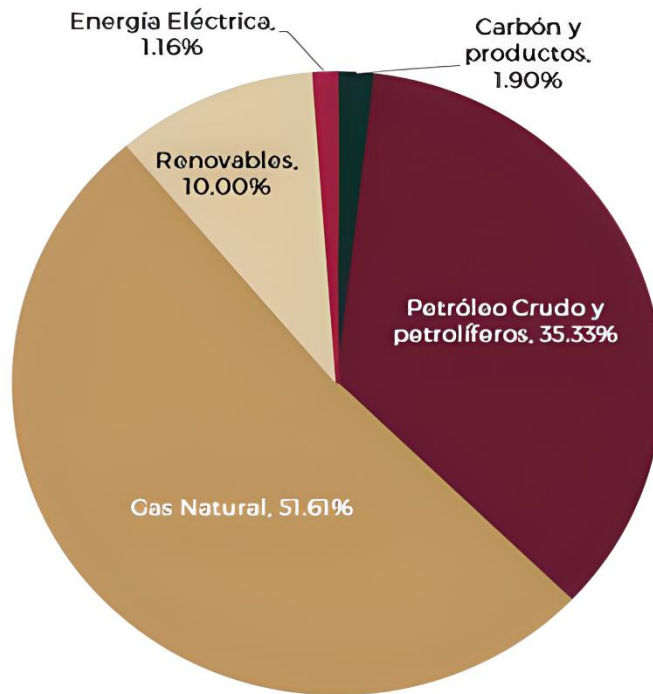


Figura 2. Proporción de energía generada en México (Secretaría de Energía, 2022)

Su principal efecto además del evidente aumento de temperatura provoca sequías, el deshielo de los polos, alteración de los ciclos de vida vitales y sobre todo el desplazamiento junto con crisis alimentarias (ACNUR, 2016).

## 2) Deforestación

Los árboles desempeñan un papel importante en el equilibrio medioambiental, debido a que a través del proceso de fotosíntesis las plantas reducen el CO<sub>2</sub> en el aire, al haber menos árboles, los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera aumentan. Además, la calidad del aire que respiramos

empeora sobre todo en grandes centros urbanos o zonas industriales, generando enfermedades respiratorias y cardíacas debido a las altas concentraciones junto con el estancamiento de este compuesto (ACNUR, 2016).

## **1.2 Objetivos del Desarrollo del Milenio**

Durante la Cumbre del Milenio, celebrada en Nueva York del 6 al 8 de septiembre del año 2000, los jefes de estado y de gobierno de 189 naciones, de las cuales México es integrante participe de las naciones firmantes, se comprometieron con el contenido de la Declaración del Milenio, para alcanzar, a más tardar en 2015, los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).

El propósito de los ODM fue erradicar la pobreza extrema y el hambre, lograr la enseñanza primaria universal, promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer, reducir la mortalidad infantil y materna, mejorar la salud reproductiva, intensificar la lucha contra el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y crear una alianza mundial para el desarrollo.

Los ODM buscan atender las necesidades humanas más apremiantes y los derechos fundamentales que todos los seres humanos deberían disfrutar. Por este motivo, y por primera vez en la historia de la Organización de las Naciones Unidas ONU, se definieron metas e indicadores con el propósito de medir el grado de avance y cumplimiento de los ocho objetivos establecidos, y así dar puntual seguimiento a las mejoras en la calidad de vida de cientos de millones de personas en todo el mundo (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2013).

En el caso de México, el Informe de Avances 2013 da cuenta del comportamiento de los 51 indicadores de seguimiento obligatorios, 40 provenientes de la Lista Oficial de la ONU de los cuales 11 que fueron reformulados para adaptarlos a la información disponible en México.

Al realizar una valoración de los indicadores con base en las metas planteadas al 2015, se observó que 38 indicadores se cumplieron (74.5%); cinco avanzaron favorablemente y se

esperaba cumplirlos en 2015 (9.8%). Es decir, que para el año 2012 se tuvo un balance positivo, en el cual un 84.3% de los indicadores tuvieron una alta probabilidad de cumplirse en 2015 (INEGI, 2013).

El reporte destaca que, en México si bien los avances que aportaron al mundo los ODM han mejorado la calidad de vida de una gran parte de los ciudadanos mexicanos, “aún quedan pendientes, en materia de pobreza extrema, desnutrición y muertes prevenibles que son inaceptables e inconcebibles en un mundo con grandes avances en las ciencias” (Secretaría del Bienestar, 2016).

### **1.3 Objetivos del Desarrollo Sostenible**

En 2015, los ODM llegaron a su plazo y la ONU lanzó una nueva iniciativa llamada Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS. Los ODS son un conjunto de 17 objetivos con 169 metas interconectadas que buscan abordar los desafíos globales más urgentes, como el cambio climático, la desigualdad económica y la discriminación de género.

Entre los ODS se incluyen la erradicación de la pobreza en todas sus formas, la reducción de la desigualdad económica, el acceso universal a la educación y la atención sanitaria, la promoción de los derechos humanos y la igualdad de género, la protección del medio ambiente, y la mejora de la colaboración internacional para resolver los desafíos globales, tales metas se muestran en la Figura 3. Los ODS tienen un plazo hasta el año 2030 y buscan fomentar un desarrollo sostenible y equitativo en todo el mundo. De los 17 objetivos descritos el número tres, Salud y Bienestar, tiene incidencia en esta investigación, el cual se refiere a garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades, complementando con el objetivo número 13 Acción Por El Clima, refiriéndose a disminuir los niveles de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera.

México ha mantenido su participación activa en la implementación de la Agenda 2030, algunos de los avances son: México fue uno de los dos países voluntarios en la región de América Latina para presentar avances sobre los ODS ante el Foro Político de Alto Nivel en Desarrollo Sostenible, con la participación de las dependencias de la Administración Pública Federal. El Senado de la República instaló el Grupo de trabajo sobre la Agenda 2030, para dar seguimiento y respaldo desde el poder legislativo al cumplimiento de los ODS (Organización de las Naciones Unidas en México, 2021).



Figura 3. Objetivos del Desarrollo Sostenible (ONU, 2015)

Derivado del crecimiento demográfico, se encuentra un aumento del uso de diversos servicios entre ellos el transporte público para llevar a cabo actividades socioeconómicas. Dado que el principal combustible usado por este sector es fósil, se ha demostrado ser perjudicial para la salud de las personas que se exponen diariamente a estos gases tóxicos.

En la veintésima séptima Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (Naciones Unidas, 2022), se informó que nació el habitante número 8000 millones, de acuerdo con

el informe de perspectivas de la Población Mundial, mientras que en México el último censo que se registró en 2020 indica que la población total es de 126 millones de habitantes (INEGI, 2021). De acuerdo con las cifras anteriores esto representa el aumento de la población, por lo tanto, la demanda de servicios.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se calcula que cada año la exposición a la contaminación del aire causa 7 millones de muertes prematuras y provoca la pérdida de otros tantos más millones de años de vida saludable. En los niños, esto podría suponer una reducción del crecimiento y la función pulmonares, infecciones respiratorias y agravamiento del asma. En los adultos, la cardiopatía isquémica y los accidentes cerebrovasculares son las causas más comunes de muerte prematura atribuible a la contaminación del aire exterior, más otros padecimientos como los efectos de enfermedades neurodegenerativas (Organización Mundial de la Salud, 2021).

#### **1.4 Consumo energético en México**

Según el informe del Balance Nacional de Energía 2021, México es un país que históricamente se considera como un productor de energía autosuficiente gracias a sus recursos energéticos basados principalmente de hidrocarburos como el petróleo, gas natural, condensados y líquidos del gas natural. Dichos hidrocarburos representan el 84.06% de toda la producción nacional (Secretaría de Energía, 2021).

Se define independencia energética como el índice utilizado a nivel internacional para medir, de forma general, el grado en que un país puede cubrir su consumo energético derivado de su producción; si es mayor a uno, el país se considera independiente energéticamente (Secretaría de Energía, 2020). Conforme con la anterior definición, en el 2020 este índice de independencia energética representó un 0.8 demostrando que el mayor consumo energético lo suple el mismo país, sin embargo, no logra satisfacer el 100% de su demanda energética.



Cabe resaltar que la gran mayoría de este abastecimiento proviene de fuentes fósiles y por tanto existe una gran generación de GEI tal y como se presenta en la Figura 4. Con lo anteriormente mencionado, solo el 33.69% de la generación de energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Petróleos mexicanos (PEMEX), provino de energías limpias, mientras que los privados presentaron un 17.45% de generación de Energías Limpias (Secretaría de Energía, 2021).

Dentro del mismo informe, se visualiza que el sector con mayor consumo energético es el del transporte representando el 38.87%, el sector industrial representó el 32.35%, los sectores residenciales, comercio y público 24.54% y finalmente el sector agropecuario el 4.24%.

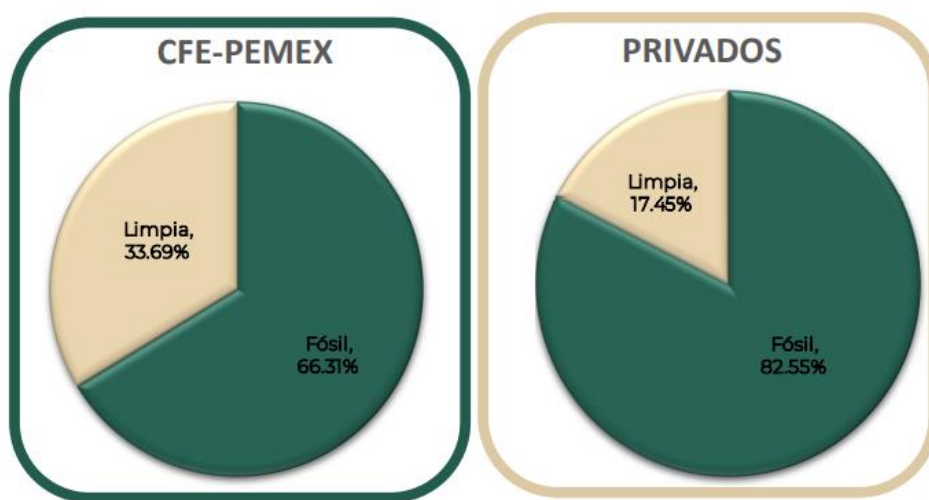


Figura 4. Consumo Energético en México (Secretaría de Energía, 2021)

En este sentido, se ha determinado al sector transporte como uno de los principales emisores de CO<sub>2</sub>. Puesto que, se percibe un aumento en el número de vehículos de itinerario fijo y no fijo, producto del mismo crecimiento de la población junto con sus actividades, y por consecuencia un aumento en las emisiones GEI.

## 1.5 Energías Renovables

Debido al crecimiento de la población y con ella el aumento de la demanda energética, se ha emprendido la búsqueda de nuevas fuentes de energía, y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados fundamentalmente en el uso de energías renovables ER (Barragán & Llanes, 2020).

El país cuenta con una amplia diversidad de recursos renovables para la generación de energía. Sin embargo, se tienen restricciones que dificultan su explotación como las características orográficas del país, la falta de infraestructura o el estatus de la región de interés en el ordenamiento territorial (Morales et al., 2017).

Las fuentes de ER son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana con el fin de realizar un determinado trabajo u obtener alguna utilidad (Merino, 2012).

**Energía solar:** La energía solar puede transformarse directamente en electricidad (fotovoltaica) o calor (termosolar). El calor, a su vez, puede ser utilizado directamente para producir vapor y generar electricidad.

**Energía eólica:** La energía cinética del viento es transformada en energía mecánica mediante turbinas eólicas o aerogeneradores, que a su vez impulsan un generador eléctrico.

**Energía hidráulica:** Se basa en aprovechar la energía potencial por la caída del agua desde cierta altura o por el flujo de un río o arroyo para transformarla en energía cinética mediante la rotación de turbinas a gran velocidad. Este recurso es el más ampliamente explotado en México.

**Biomasa:** También conocida como bioenergía, la cual se obtiene de la materia orgánica constitutiva de los seres vivos, sus excretas y sus restos no vivos.

**Energía geotérmica:** La energía geotérmica se obtiene mediante el aprovechamiento del calor interno de la Tierra concentrado en sistemas o yacimientos geotérmicos como manantiales termales, suelos calientes, volcanes de lodo, fumarolas, géiseres y zonas de alteración hidrotermal. México tiene un desarrollo importante en esta alternativa de generación, que lo posiciona en el cuarto lugar a nivel mundial.

Siendo que, México tiene un amplio panorama para la utilización de ER, solo un 33.69% se produce para el abastecimiento de todo el país (Secretaría de Energía, 2021).

Sin embargo, se pronostica que las energías fósiles seguirán siendo la base del desarrollo económico mundial (Escamilla, 2019). Ante este panorama, se espera que pronto se adquiera mayor relevancia la transición de las ER, para así desarrollar una economía sostenible que garantice el aseguramiento energético.

A pesar de que existen tecnologías renovables maduras, todavía tenemos problemas como las ICU, tema en el que se incide en esta investigación.

## **1.6 Normativa del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro, no es inflamable y químicamente no es reactivo. El CO<sub>2</sub> es un gas tóxico en altas concentraciones, así como también asfixiante (debido a la reducción de oxígeno). Solamente en altas concentraciones produce irritación en los ojos, nariz y garganta. Los umbrales de concentración para efectos a la salud se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Efectos de la exposición del CO<sub>2</sub> por la International Volcanic Health Hazard Network (IVHHN, s.f.)

<b>Límites de exposición (% en aire)</b>	<b>Efectos sobre la salud</b>
2-3	Imperceptible en reposo, pero en actividad marcada falta de aliento
3	La respiración se hace notoriamente más profunda y frecuente durante el reposo
3-5	Aceleramiento del ritmo respiratorio. Repetida exposición provoca dolor de cabeza
5	Respiración se hace extremadamente dificultosa dolores de cabeza, transpiración y pulso irregular
7.5	Respiración acelerada, promedio cardíaco aumentado, dolor de cabeza, transpiración, mareos, falta de aliento, debilidad muscular, pérdida de habilidades mentales, somnolencia y zumbido auricular
8-15	Dolor de cabeza, vértigo, vómitos, pérdida de conciencia y posible muerte si el paciente no recibe oxígeno rápidamente
10	Agotamiento respiratorio avanza rápidamente con pérdida de conciencia en 10-15 minutos
15	Concentración letal, la exposición por encima de este nivel es intolerable
25+	Convulsiones y rápida pérdida de conciencia luego de unas pocas aspiraciones. Si se mantiene el nivel, deviene la muerte

Las máscaras de gas pueden resultar poco efectivas para protegerse de concentraciones altas de CO<sub>2</sub>, debido a la falta de oxígeno. Por lo tanto, se recomienda la evacuación inmediata de las zonas de trabajo o habitacionales cuando las concentraciones exceden 1.5% por volumen (el límite del valor de la exposición ocupacional por tiempo corto).

Se carece de guías ambientales para el CO<sub>2</sub>, sin embargo, se tiene como alternativa una guía ocupacional de concentraciones de CO<sub>2</sub>.

### 1.7 Guía ocupacional para CO<sub>2</sub>

En conjunto de la Normativa Europea (Dirección General de Tráfico, 2020), el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional NIOSH, (The National Institute for Occupational Safety and Health, 2019), la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional OSHA, (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, 2022) y la Agencia Ejecutiva para la Salud y Seguridad HSE, (Graves et al., 2002) se integran en la Tabla 2 una guía ocupacional para los niveles en CO<sub>2</sub> para concentraciones de 1% = 10,000 ppm.

Tabla 2. Guía ocupacional de los niveles permisibles de CO<sub>2</sub> (IVHHN, s.f.)

<b><i>País/Institución</i></b>	<b><i>Nivel (ppm)</i></b>	<b><i>Nivel (<math>\mu\text{g} / \text{m}^3</math>)</i></b>	<b><i>Tiempo Promedio</i></b>	<b><i>Tipo de lineamiento</i></b>	<b><i>Ley de soporte</i></b>	<b><i>Referencia</i></b>
<b><i>Unión Europea</i></b>	0.5	9000	8 hora TWA	OEL	Comisión Directiva 91/322	(Dirección General de Tráfico, 2020)
<b><i>Reino Unido</i></b>	1.5	274000	15 min	MEL	ILV	(Graves, Way, Riley, Lawton, & Morris, 2002)
	0.5	9150	8 hora TWA	MEL	ILV	(Graves, Way, Riley, Lawton, & Morris, 2002)
<b><i>Estados Unidos</i></b>	3	540000	15 min	STEL	NIOSH	(The National Institute for Occupational Safety and Health, 2019)
	0.5	9000	10 horas TWA	REL	NIOSH	(The National Institute for Occupational Safety and Health, 2019)
	>0.5	9000	8 horas TWA	PEL	Regulación OSHA (Standards)	(Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, 2022)

## 1.8 Islas de Calor Urbano

El desarrollo urbano se asocia al crecimiento y demanda de la población que dan lugar al reemplazo de las coberturas naturales con materiales que almacenan calor rápidamente. Dentro de estos materiales se encuentra el cemento, pavimento, tabique y todos aquellos componentes rocosos (Jáuregui O, 1979).

El resultado del proceso de reemplazo de cubierta natural de suelo por cubierta urbana, asociada con los incrementos de la temperatura, se le conoce como Isla de Calor Urbano ICU, representado en la Figura 5. Además de las actividades industriales y de transporte que contribuyen al calentamiento urbano (Oke, 2002).

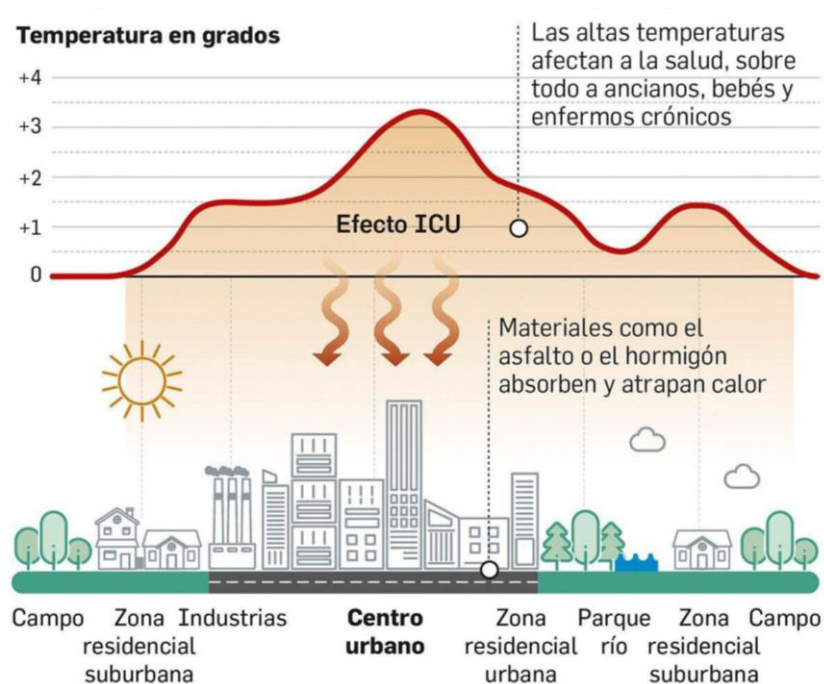


Figura 5. Efectos de las ICU con relación a la temperatura (Amanero, 2023)

La ICU se forma cuando el aire caliente tiende a acumularse en el centro de la ciudad, debido a la concentración de edificios y de calles pavimentadas. Este aire caliente se eleva, arrastrando

consigo la carga de contaminación; luego se expande hacia los bordes de la ciudad y alcanza la temperatura con el entorno.

De este modo, en los bordes de la ciudad el aire más frío fluye de nuevo hacia el centro, cerca de la superficie del suelo, formando así un sistema circulatorio autocontenido, que sólo se podrá alterar o romper por el efecto de un viento fuerte (Kenneth & Cecil, 2004).

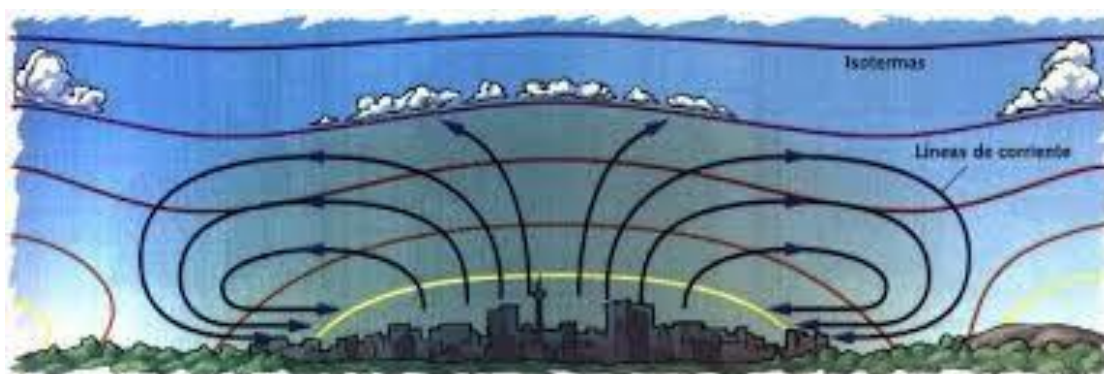


Figura 6. Simulación de la acumulación del aire en el centro y bordes de las ciudades (Godoy Uribe, s.f.)

Por otro lado, las ICU aumentan el consumo energético de las ciudades debido al incremento de las temperaturas en las oficinas, hogares e industrias causadas por el uso de sistemas de aire acondicionado (Meneses Figueroa & Iral Fiquitiva, 2017), en general los efectos de los GEI asociados con las ICU disminuyen la calidad de vida de la población.

La intensidad de las ICU depende de múltiples factores, entre ellos densidad constructiva, orientación de las edificaciones, comportamiento térmico de materiales utilizados, disponibilidad y configuración de los espacios abiertos además de áreas verdes (Soto et al., 2017).

## 1.9 Impacto de las ICU en la salud en México

La OMS estimó que en 2019 aproximadamente el 37% de las muertes prematuras relacionadas con la contaminación del aire exterior se debieron a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares, el 18% y el 23% de las muertes se debieron a enfermedades pulmonares obstructivas crónicas e infecciones respiratorias agudas, respectivamente, y el 11% de las muertes se debieron a cáncer de las vías respiratorias (OMS, 2022).

En México se registran más de 19 mil muertes prematuras en 34 ciudades, siendo Mexicali, Cuernavaca y Monterrey las ciudades más afectadas. El Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), presentó “La Calculadora de Riesgos por Contaminación Atmosférica” y muestra también costos generados por la mala calidad del aire en las 34 ciudades más grandes del país, donde casi 59 millones de mexicanos están expuestos (Instituto Mexicano para la Competitividad [IMCO], 2010).

El costo para el país por impacto en salud es de alrededor de 14 mil millones de pesos MDP. De los cuales, 11.5 mil MDP corresponden a pérdidas de productividad y 2.5 MDP a gastos en salud, muertes prematuras: 19,242, hospitalizaciones: 53,191, consultas médicas: 3,110,072 datos recopilados de enero 2010 (IMCO, 2010).

Tabla 3. Ciudades con mayor tasa de mortalidad e impacto económico (IMCO, 2010)

<i>Ciudad</i>	<i>Tasa de muertes prematuras</i>	<i>Tasa de hospitalizaciones</i>	<i>Tasa de consultas</i>
<i>Mexicali</i>	30	74	3,039
<i>Cuernavaca</i>	15	28	2,252
<i>Monterrey</i>	13	44	2,622
<i>Tijuana</i>	10	32	1,316
<i>ZMVM</i>	9	21	1,170
<i>Toluca</i>	9	10	1,333
<i>Chihuahua</i>	7	22	1,123
<i>León</i>	7	21	1,324



<i>Celaya</i>	7	21	1,298
<i>Irapuato</i>	7	20	1,281
<i>Guadalajara</i>	6	19	904
<i>Puebla-Tlaxcala</i>	2	3	245

## 2 Justificación

Debido al desarrollo de la urbanización, existe un incremento de los GEI, enlazado principalmente con las actividades antropogénicas, como la quema de combustible fósil, la producción de electricidad de fuentes no renovables, además de la tala de árboles. La contaminación atmosférica es el riesgo ambiental que más impacta a la salud de la población en el mundo. Estas condiciones dan lugar a enfermedades respiratorias, cardiovasculares, cáncer, entre otras, en consecuencia, genera gastos económicos acompañado de ausencia escolar y laboral (OMS, 2014). El costo para el país por impacto en salud es de alrededor de 14 mil MDP (IMCO, 2010).

Aunado a esto, en las últimas décadas se han detectado estancamientos de aire, con altas concentraciones de CO<sub>2</sub> formando ICU, consecuencia del desarrollo de las ciudades, ocasionando aumentos de temperatura.

Ante este panorama, el siguiente trabajo de investigación realiza la asociación de las ICU con el aumento de la temperatura en el estado de Morelos específicamente en la zona integrada por los municipios de Cuernavaca, Jiutepec y Temixco.

### **3 Planteamiento del problema**

El crecimiento demográfico en las ciudades tiene como resultado una problemática ambiental que, en su mayoría es a causa de las alteraciones en el entorno, específicamente incide en el aumento de la temperatura. Existe una notoria diferencia de temperatura entre las zonas con mayor presencia de vegetación de las que poseen menor vegetación.

El desarrollo de la urbanización involucra reemplazar cobertura vegetal por materiales como el pavimento, modificando las propiedades del suelo y su interacción con el medio ambiente. El efecto más visible del cambio de cobertura es la presencia de las ICU. Este efecto puede variar de intensidad dependiendo de su localización y las actividades en el entorno.

Unas de las principales actividades del desarrollo urbano es la utilización de energía fósil en el uso del transporte público, aumento del flujo vehicular junto con el uso de autos particulares y servicio de taxi, ocasionando un estancamiento de CO<sub>2</sub> derivando en aumento de temperatura.

Frente a esta problemática el análisis de las ICU es crucial para conocer el impacto en la salud de la población y en el cambio climático, así mismo, para el desarrollo de ciudades inteligentes además de cómo mejorar la planeación de futuros espacios urbanos.

### **4 Hipótesis**

Con el uso de imágenes satelitales es posible la identificación de ICU para el análisis del impacto en el aire y cambio climático en los municipios de Cuernavaca, Jiutepec y Temixco del estado de Morelos.

## **5 Objetivo**

Identificar las ICU y calcular la superficie de incidencia relacionada con las ICU para la toma de acciones medioambientales en tres municipios de Morelos.

### **5.1 Objetivo general**

Cuantificar mediante un sistema de mediciones en las ICU como una alternativa para medir los niveles de concentración de CO<sub>2</sub> con la finalidad de conocer la calidad del aire en los municipios de Cuernavaca, Temixco y Jiutepec en el estado de Morelos.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Definir los pasos y herramientas a utilizar para la localización de las ICU además de cuantificar el CO<sub>2</sub> con dispositivos de medición para la concentración local de CO<sub>2</sub> durante el recorrido de las rutas seleccionadas.
- Determinar el indicador pertinente para ICU y de CO<sub>2</sub> en análisis ambientales municipales.
- Desarrollar un estudio de la asociación del aumento de la temperatura local con relación a las emisiones de CO<sub>2</sub>
- Realizar un muestreo de la calidad del aire y analizar los datos obtenidos en base a parámetros e índices establecidos por normas mexicanas.

## **6 Metodología**

### **6.1 Muestreo para gases**

El análisis de gases para determinar la composición de una mezcla de gas determina la cantidad existente de un compuesto como el CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>. Las mediciones se basan en las propiedades físicas, como así también en las propiedades químicas de los gases siendo la densidad, conductividad térmica, adsorción de luz además de la reactividad química (Air Liquide , 2023).

Existen métodos de medición activa que involucran la intervención directa del investigador para recopilar información determinada que se requiere para el estudio en cuestión. Estos métodos pueden proporcionar datos detallados, pero a menudo requieren equipos específicos y tiempo en comparación con los métodos pasivos. Por otra parte, los métodos de medición pasiva son aquellos que utilizan dispositivos o sistemas que capturan la presencia y concentración de gases en el ambiente sin requerir una intervención activa en el proceso de muestro (West, 1999).

#### **6.1.1 Métodos activos de muestreo**

De acuerdo con el método activo, se encuentra tres sistemas para el análisis de gases, el muestro puntual, el muestreo continuo en línea y muestreo compuesto continuo.

El muestreo puntual se realiza para proporcionar información sobre la muestra tomada en un momento determinado y se efectúa mediante el uso de un panel muestreo al azar. Las muestras puntuales generalmente se toman en el sitio y luego se transportan a un laboratorio para su análisis. El muestreo continuo en línea se utiliza para análisis de gases urgentes o para gases que siempre deben monitorearse, ya sea para informar procesos críticos de refinería, mantener requisitos de seguridad o cumplir con requisitos ambientales, este método proporciona un flujo

constante de condiciones de proceso o composiciones de gases en tiempo real (Zealear, 2021). El muestreo compuesto continuo requiere de un dispositivo de bombeo para una extracción activa, permiten tomar muestras cuantitativas de aire y determinar el riesgo de contaminación, además, posibilita conocer las condiciones de contaminación del entorno (Monitoring Systems, 2020).

## **6.2 Selección de muestreo**

### **6.2.1 Métodos pasivos de muestreo**

El método pasivo, se caracteriza por observar y registrar información sin intervenir directamente en el proceso. Al no interferir en la muestra, se obtiene una visión objetiva de los datos. Algunas características del método pasivo incluyen su bajo costo y su capacidad para recolectar información a largo plazo. Este tipo de método se basa en la utilización de dispositivos, como sensores o trampas, que capturan o registran de manera automática las muestras del fenómeno de estudio (Zealear, 2021).

Para fines de esta investigación se utiliza el método de muestreo pasivo, puesto que es uno de los métodos más utilizados para la evaluación de la calidad del aire, por su bajo costo y manejo sencillo, además es de gran utilidad como indicativo de la contaminación, permiten llevar a cabo evaluaciones de tendencias a largo plazo, e identificar zonas de riesgo a ser monitoreadas. Este método de muestreo colecta una muestra de contaminante específico por medio de su adsorción y/o absorción en un sustrato químico seleccionado.

### **6.3 Imágenes satelitales**

En México se han realizado varios estudios para la detección de ICU mediante la implementación de técnicas que contemplan desde el procesamiento de imágenes satelitales hasta el análisis de datos de estaciones climatológicas.

Muestra de los trabajos realizados en México, está el artículo “La identificación de las islas de calor de verano e invierno en la ciudad de Toluca”. Como principal hallazgo fue el descubrimiento de una isla de calor cuya ubicación corresponde al área de mayor infraestructura urbana y se dispone hacia el centro de la ciudad, donde se ubica el mayor número de edificios y construcciones con materiales que absorben el calor, así como una gran concentración de vehículos (Romero, 2011).

También, el artículo “Detección de la isla de calor urbano en Mexicali BC, México y su relación con el uso de suelo” descubriendo que Mexicali, siendo una ciudad con un clima árido, carece de presentar el patrón clásico de una ICU es decir, las temperaturas superficiales más altas no se dan sólo hacia el centro urbano, como ocurre en los climas húmedos. Con el uso de imágenes del satélite térmica Advanced Very High Resolution Radiometer AVHRR, por sus siglas en inglés y Landsat, las zonas identificadas con temperatura más elevadas también se encuentran en los alrededores de las zonas desérticas. Sin embargo, si está demostrado que en cuanto mayor sea la cantidad de vegetación menores serán las temperaturas.

Para este estudio se optó por realizar una búsqueda de imágenes satelitales pertenecientes de la Comisión Estatal de Biodiversidad, COESBIO, publicadas en el año 2017 empleadas como un acercamiento para la identificación de las ICU de acuerdo para las zonas de interés. La Tabla 4 menciona las condiciones geográficas para el inicio del recorrido y sus destinos finales. Así pues, con esta herramienta se identifica un número de ICU presentes en las zonas de estudio.

Tabla 4. Localización territorial de los lugares de estudio a través de Google Earth

<b>Ubicación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
<i>Cuernavaca, UAEM</i>	18°58'52" N	99°14'23" W	1,872
<i>Jiutepec, San Gaspar</i>	18°55'52" N	99°09'41" W	1,351
<i>Temixco, Acatlipa</i>	18°49' 38" N	99°13'16" W	1,209

Para el cálculo de las hectáreas, el primer paso consistió en localizar cada una de las ICU. El segundo paso fue delimitar el área de estudio usando las herramientas del software My Maps trazando la forma de la ICU después con la opción de medir distancias y superficies se obtuvieron las hectáreas.

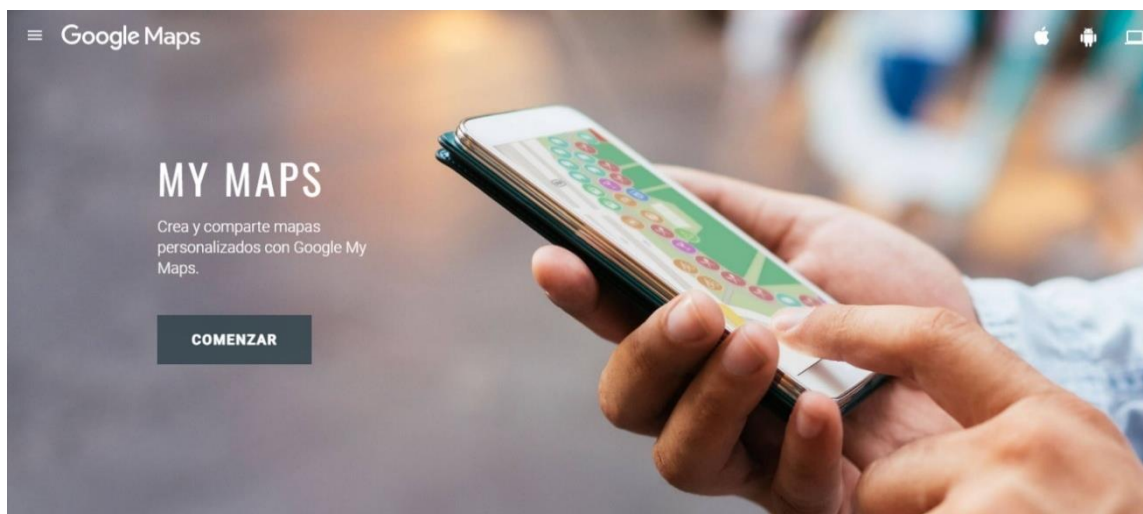


Figura 7. Presentación del software My Maps

#### 6.4 Selección trayectos de evaluación

Puesto que el área de estudio es la zona metropolitana de Cuernavaca se elige las trayectorias del transporte público, conocido coloquialmente como rutas. De las veinte rutas que brinda este servicio distribuidas en toda la zona metropolitana, dos fueron seleccionadas debido a

que sus trayectos inciden en los tres municipios de interés siendo las rutas 01 y 13. Dentro de estos trayectos, se identificaron el número de ICU.

Así pues, el punto de partida de la ruta 01 comienza en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, UAEM, y concluye en dos diferentes sitios, Guacamayas y Acatlipa, localidad perteneciente al municipio de Temixco, representado en la Figura 8.

**Trayecto 1:** Acatlipa, Temixco 25.1 km

**Trayecto 2:** Guacamayas, Temixco 20 km

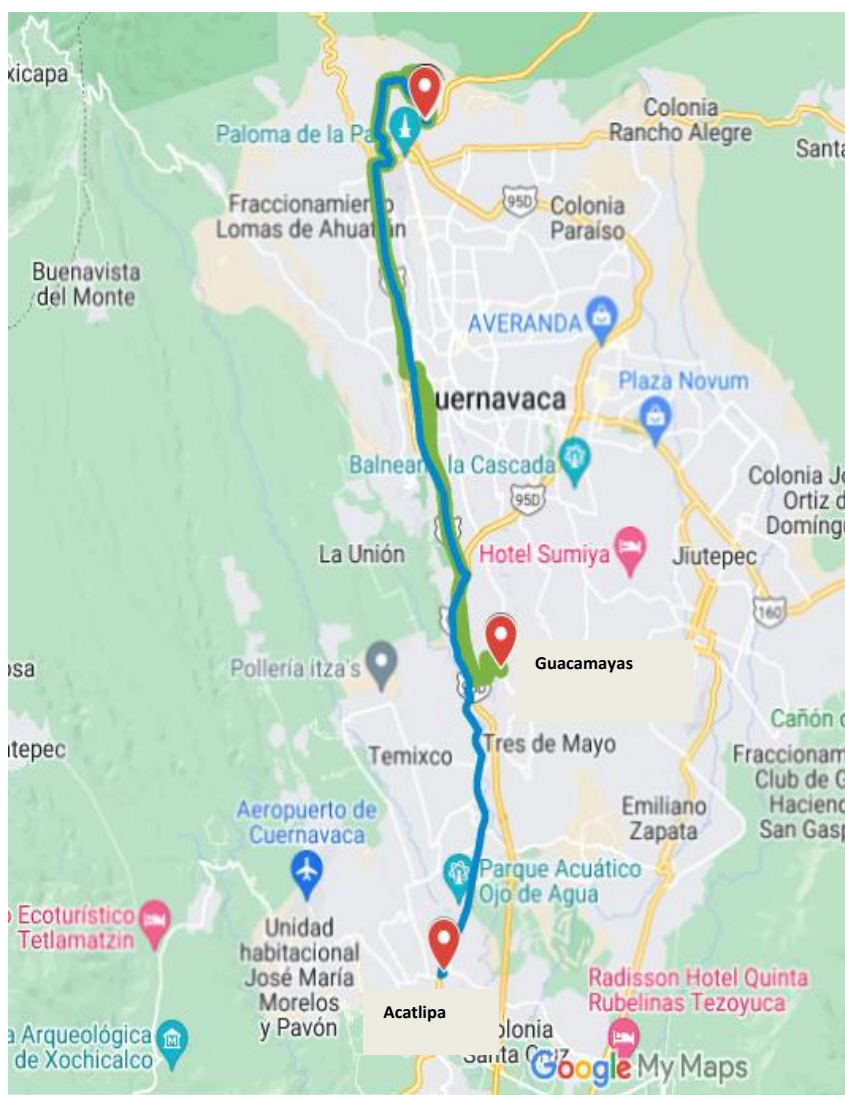


Figura 8. Recorridos de la ruta 01



Con respecto a la ruta 13, ésta comienza su recorrido en la UAEM recorriendo en tres trayectos alternos para culminar en San Gaspar, localidad perteneciente al municipio de Jiutepec.

Estos trayectos se presentan en la Figura 9.

**Trayecto 1:** Naranjos, Jiutepec 21.8 km

**Trayecto 2:** Rosa Campestre, Jiutepec 17.6 km

**Trayecto 3:** San Gaspar, Jiutepec 15.7 km

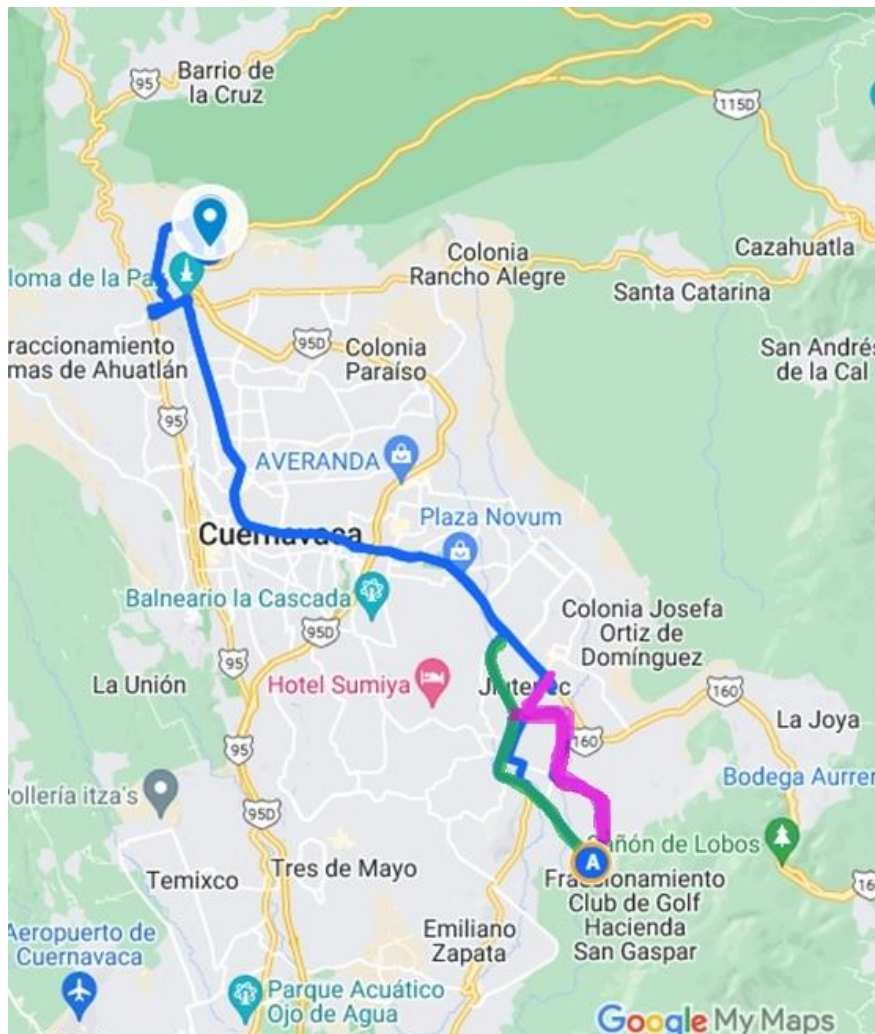


Figura 9. Recorridos de la ruta 13

Una vez definidos los trayectos de análisis, se presentan a continuación variables a emplear en la identificación de imágenes satelitales para cuantificar las áreas de incidencia de las ICU.

## 6.5 Absortancia, reflectancia y transmitancia

Las cámaras termográficas son una valiosa herramienta para identificar la temperatura de una zona de interés. El cálculo de la temperatura se determina empleando conceptos de óptica como la absortancia, reflectancia y transmitancia.

**Absortancia**,  $\alpha$ : fracción de radiación incidente absorbida por el material.

**Reflectancia**,  $\rho$ : fracción de radiación incidente reflejada por el material.

**Transmitancia**,  $\tau$ : fracción de incidente transmitida por el material.

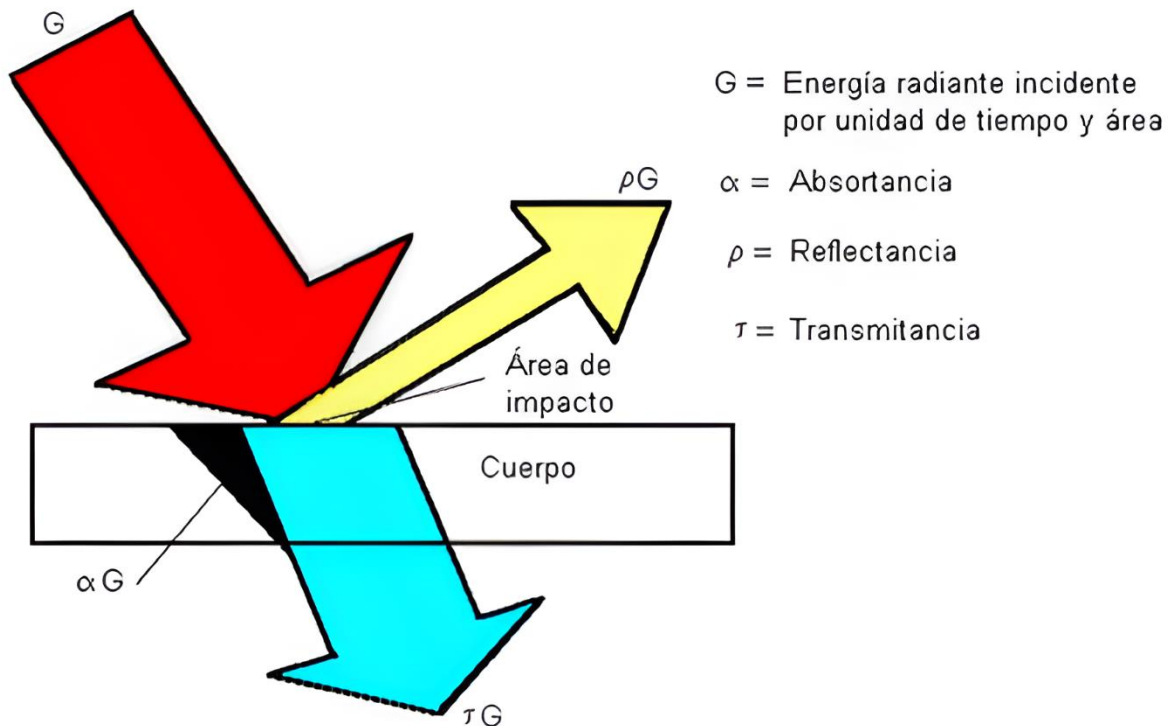


Figura 10. Representación de la absortancia, reflectancia y transmitancia (UNSA, 2008)

La transmitancia óptica se refiere a la cantidad de luz que atraviesa un cuerpo, en una determinada longitud de onda. Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo, una parte de esa luz es absorbida por él mismo y la otra fracción de ese haz incide sobre el cuerpo, según su

transmitancia. La absorptancia es una medida de la radiación que absorbe una sustancia cuando sobre ésta incide las ondas electromagnéticas, generalmente en la región visible, de una determinada longitud de onda. Finalmente, la reflectancia refleja el color dirigiendo luz intermitente hacia la superficie de la muestra (West, 1999).

En este sentido, la luz solar incidente en la superficie en los sitios de estudios de los mapas termográficos, una parte de ese haz de luz tendrá una transmitancia en una determinada longitud de onda, que es una fracción de radiación, así mismo, una parte será absorbida en la propagación de energía en forma de ondas electromagnética, posteriormente la reflectancia asignará un color en base a la temperatura registrada, pues es la fracción de radiación incidente reflejada en una superficie.

## **6.6 Luz visible**

Se denomina espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. El rango de longitud de onda del espectro visible es: 0.4 - 0.7  $\mu\text{m}$ , y se manifiesta al ser humano en un conjunto continuo de colores y tonalidades.

El espectro incluye todos aquellos colores producidos por la luz visible de una única longitud de onda. Estos son los denominados colores espectrales puros. Cada longitud de onda de la luz es percibida como un color espectral (Luque Ordóñez, 2023).

## **6.7 Funcionamiento de las cámaras termográficas**

La termografía es la técnica que permite medir temperaturas de una superficie y sin necesidad de contacto físico, mediante la captación de la intensidad de la radiación infrarroja emitida por los objetos. La radiación infrarroja es identificada utilizando cámaras térmicas.

Con estas cámaras convertimos la energía que irradia un objeto, invisible al ojo humano, en una imagen visible formada a partir de la temperatura superficial de los objetos captados por la cámara.

Una cámara infrarroja contiene un sistema óptico que enfoca la energía infrarroja a una matriz de sensores que contiene miles de píxeles detectores dispuestos en una cuadrícula.

Cada píxel en la matriz de sensores reacciona a la energía infrarroja enfocada en él y produce una señal electrónica. El procesador de la cámara toma la señal de cada píxel y le aplica un algoritmo matemático para crear un mapa de color de la temperatura aparente del objeto. A cada valor de temperatura se le asigna un color diferente. La matriz de colores resultante se envía a la memoria y a la pantalla de la cámara como una imagen de temperatura (imagen térmica) de ese objeto (Hernández, 2019).

## **6.8 Datos de acceso público y localización de ICU**

Para fines de investigación, se recolecta información e imágenes térmicas de la COESBIO del estado de Morelos del año 2017 (COESBIO, 2017).

Las cámaras termográficas captan el calor reflejado en la superficie y de esta forma, dependiendo la longitud de onda identifica el sensor de reflejado por la cámara, éste le asignara una temperatura y un color.

De acuerdo con las imágenes y el concepto de la luz visible mencionado anteriormente; las zonas visualizadas en tonalidades azul, morado y rosa corresponden a zonas frías ya que la longitud de onda de luz irradiada en esos lugares es corta respecto a la longitud de onda de aquellas tonalidades amarillo, naranja y blanco correspondientes a zonas cálidas.

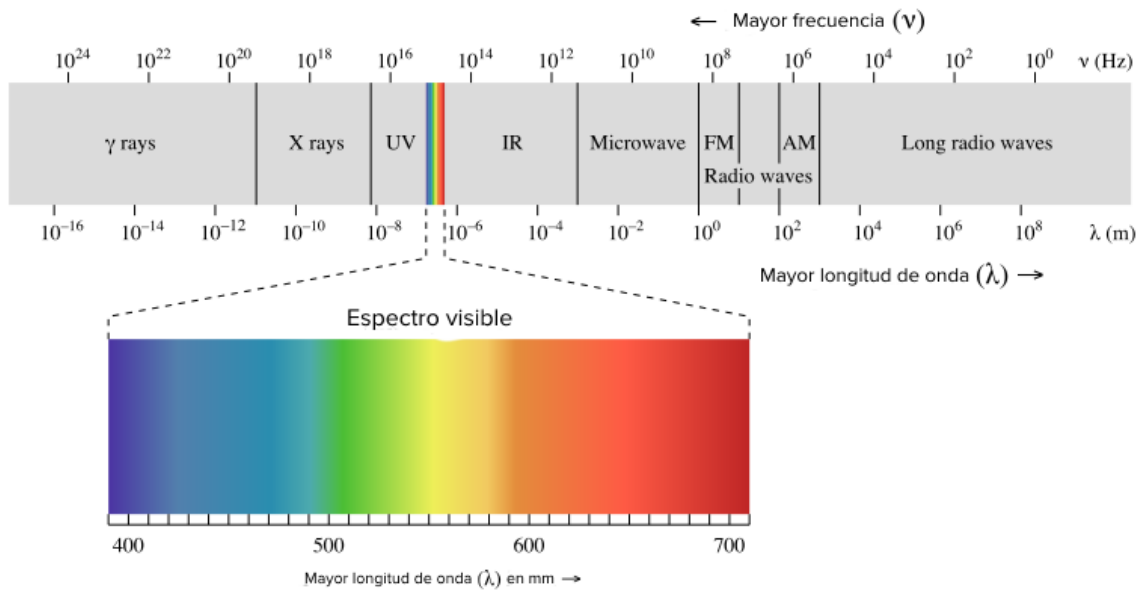


Figura 11. Espectro electromagnético (Hernández, 2019)



Las Figuras 12, 13 y 14 se emplearon como base para identificar las ICU de las zonas de estudio.

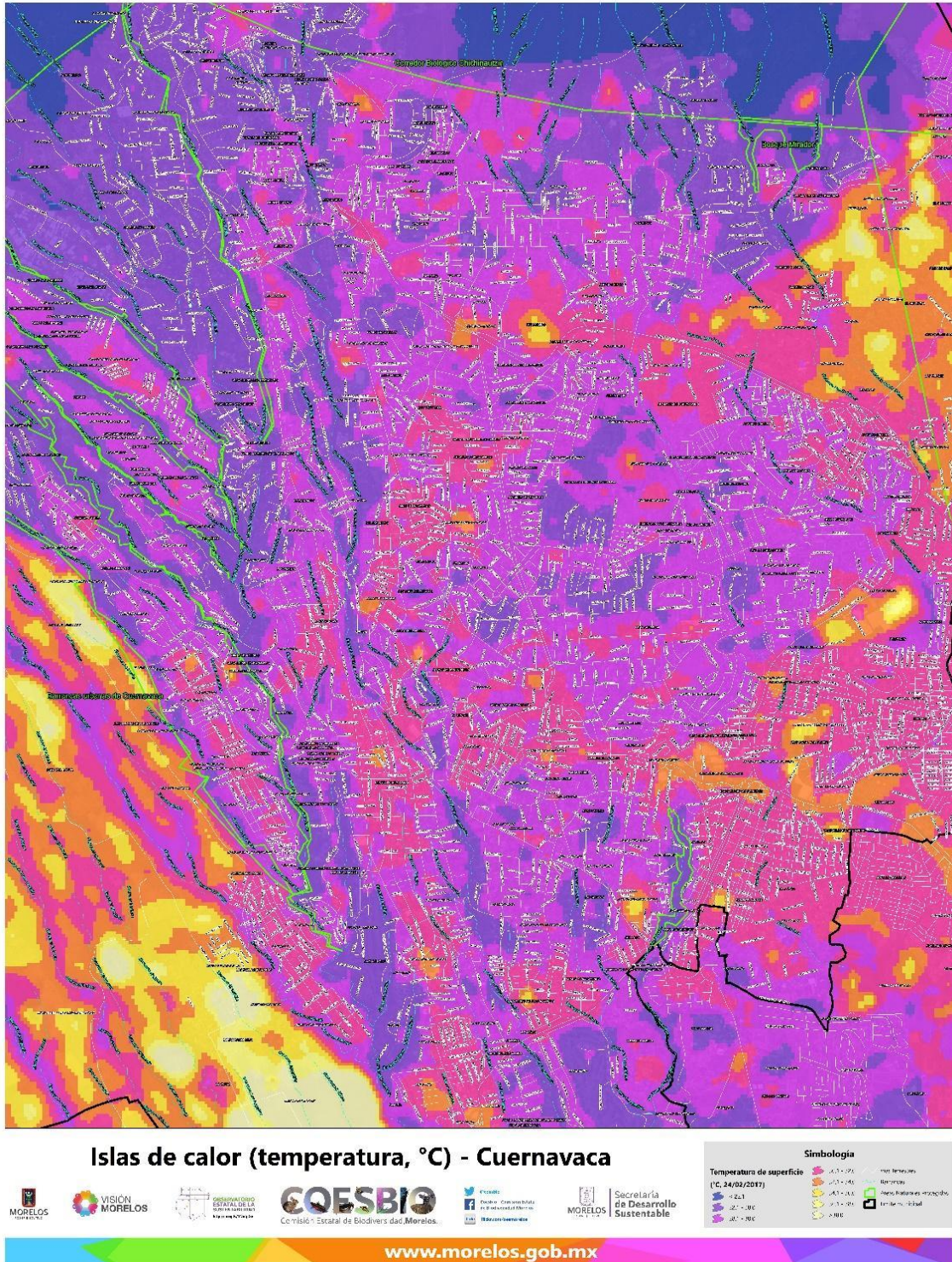
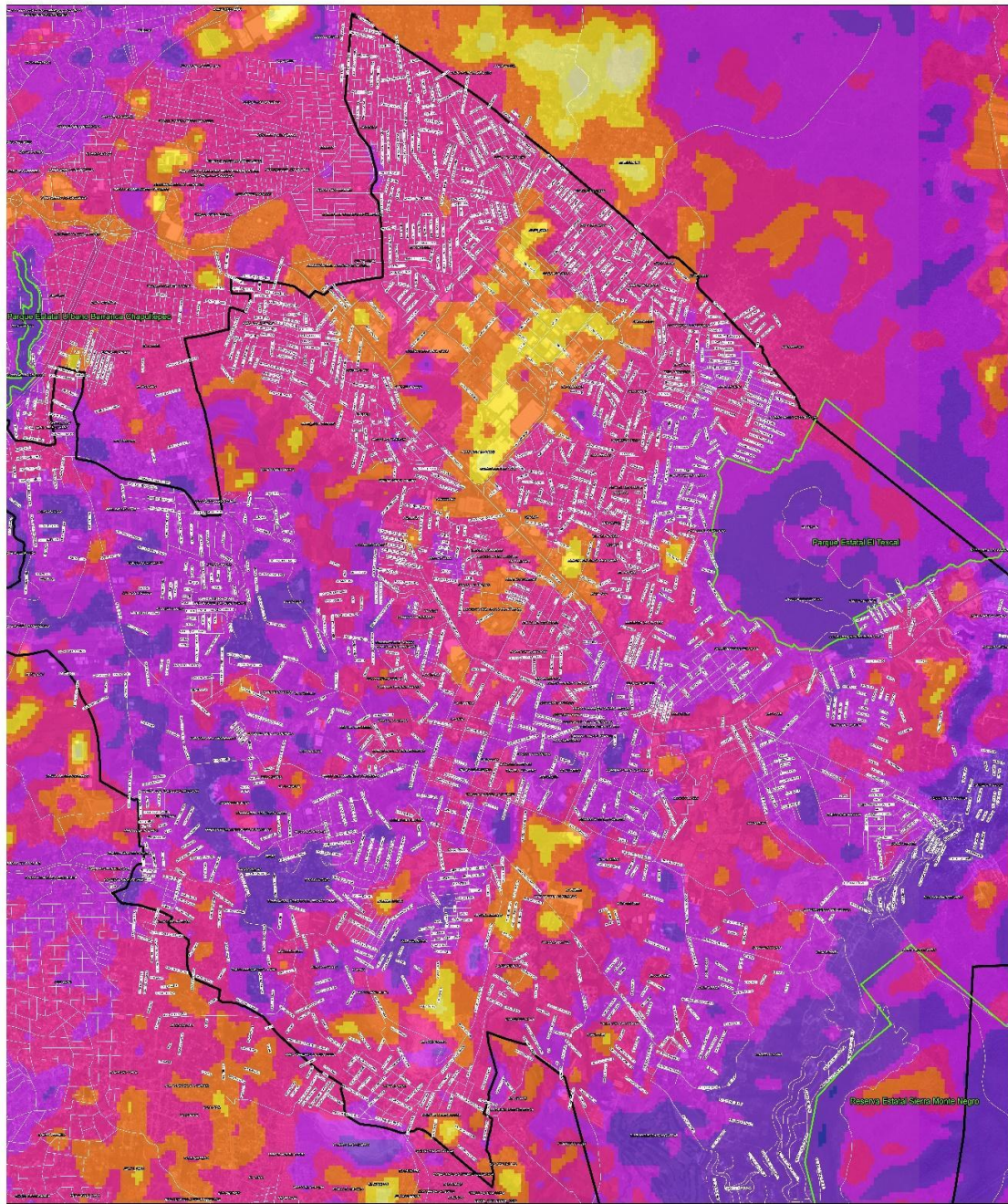


Figura 12. Mapa termográfico de la Zona de Cuernavaca (COESBIO, 2017)





**Islas de calor (temperatura, °C) - Jiutepec**



Secretaría de Desarrollo Sustentable

Temperatura de superficie (°C, 24/02/2017)		Simbología	
20.1 - 21.0			Áreas de Protección Ambiental
21.1 - 24.0			Carreteras
24.1 - 26.0			Áreas Urbanas
26.1 - 28.0			Áreas Rurales
> 28.2			

[www.morelos.gob.mx](http://www.morelos.gob.mx)

Figura 13. Mapa termográfico de la Zona de Jiutepec (COESBIO, 2017)



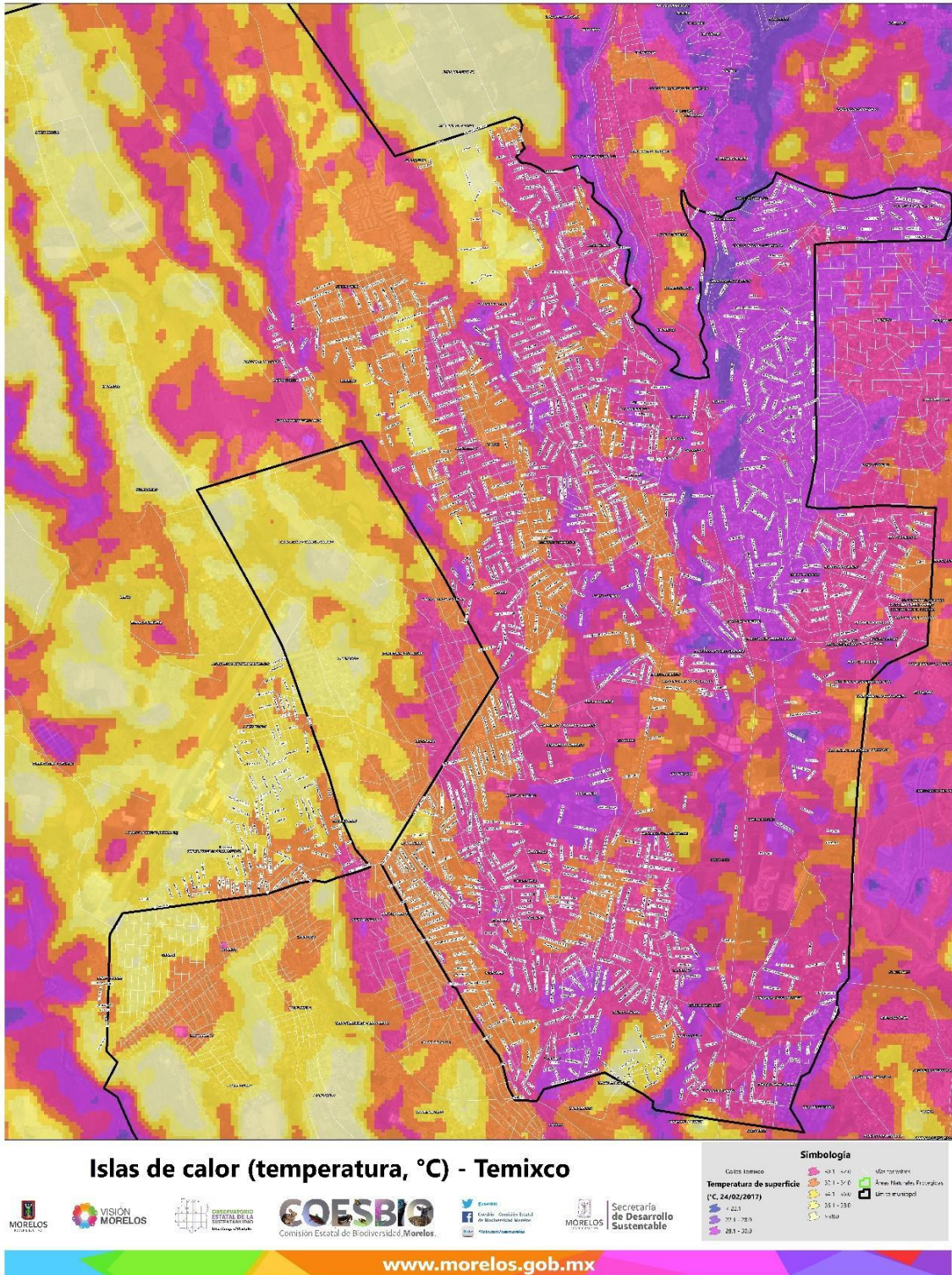


Figura 14. Mapa termográfico de la Zona de Temixco (COESBIO, 2017)



La Tabla 5 se desglosa la paleta de colores a la temperatura de las imágenes termográficas de las Figuras 12 a la 14.

Tabla 5. Simbología de la temperatura.












<b>Temperatura de la superficie (°C, 24/02/2017)</b>	
<22.1	
22.1-28	
28.1-30	
30.1-32	
32.1-34	
34.1-36	
36.1-38	
>38	

Tabla 6

Simbología de la limitación territorial.

**Delimitación territorial**

Vías terrestres	
Áreas Naturales Protegidas	
Limite municipal	

Se identifica como ICU aquellas regiones donde se localicen temperaturas dentro del intervalo de 34°C a 38°C dentro de las regiones urbanas.

## 6.9 Instrumento de medición

Para llevar a cabo las mediciones en sitio, se ocupó un dispositivo móvil JLDG air quality tester modelo JD-3002, presentado en la Figura 15. Este dispositivo detecta los compuestos mencionados en la Tabla 7 del aire con sus respectivos rangos de medición.



Figura 15. Dispositivo móvil JLDG air quality tester

Este dispositivo cuenta con certificación en Federal Communications Commission, FCC, por sus siglas en inglés, la cual establece que los equipos y sistemas de medición o comunicación inalámbrica garantice las pruebas de compatibilidad electromagnética además que los dispositivos no se vean afectado por campos electromagnéticos (TRITEK, 2021).



Figura 16. Certificación del dispositivo JLD Quality Tester

Tabla 7. Rango de medición del Dispositivo JLD Quality Tester

<b>Compuesto</b>	<b>Rango de medición</b>
CO <sub>2</sub>	350 – 2000 ppm
Compuestos Orgánicos Volátiles Totales (TVOC)	0.0 – 2 mg/m <sup>3</sup>
Formaldehído (HCHO)	0.0 – 1 mg/m <sup>3</sup>
Temperatura	0 – 90 °C
Humedad	99% humedad relativa

El tiempo que toma el dispositivo en hacer la medición es de 30 segundos, el aire captado entra a la cavidad del equipo incidiéndole una corriente eléctrica conformado por un electrodo y un contraelectrodo, dependiendo de la resistividad identificada en el dispositivo será la cantidad de CO<sub>2</sub> correspondiente a esa medición.

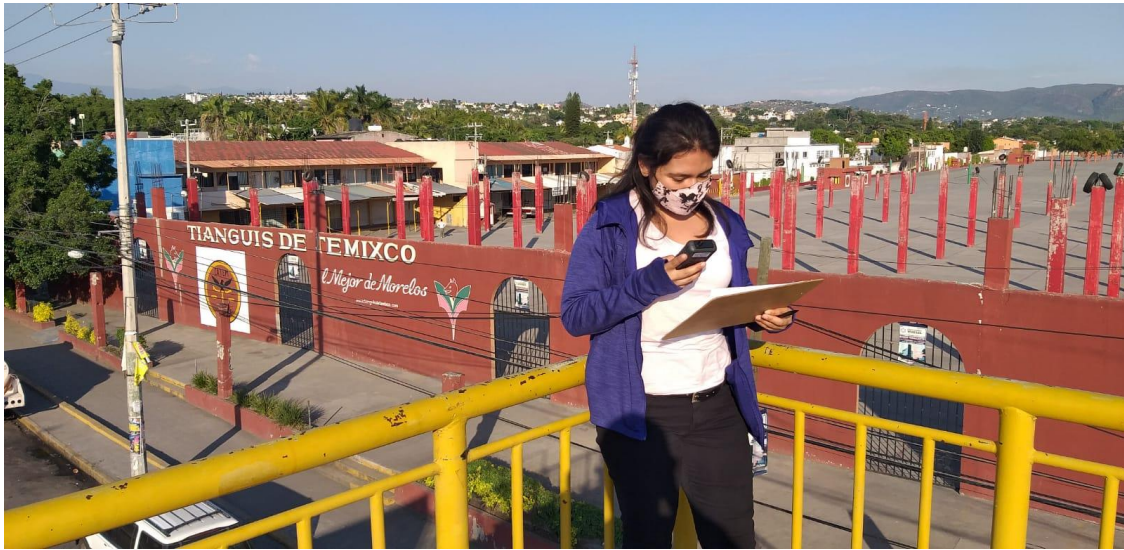
Cuando hay una mayor resistividad será menos conductivo y será menor la cantidad de CO<sub>2</sub> en el aire, por el contrario, cuando se identifica menor resistividad será mayor la conductividad y por lo tanto mayor será la cantidad de CO<sub>2</sub> detectada.

El dispositivo adopta un módulo de detección a través de sensores de gases electroquímicos midiendo una amplia gama de gases tóxicos. Este sensor típico tiene tres electrodos: un electrodo de trabajo también conocido como electrodo de detección; un electrodo de referencia y un contraelectrodo. Los tres electrodos están rodeados por un electrolito.

Durante el funcionamiento, el gas en cuestión ingresa al sensor a través de una membrana donde interactúa con el electrodo de trabajo; dependiendo del gas, la reacción electroquímica resultante puede ser de oxidación o de reducción (Arrow Electronics, 2019).

Con este sistema, se acudió a cada una de las ICU identificadas y se realizaron cuatro mediciones para cada sitio.





*Figura 17. Ejemplo de Toma de muestra para la recopilación de datos correspondientes a la ruta 01 en Temixco*



*Figura 18. Ejemplo de toma de muestra para la recopilación de datos correspondientes a la ruta 13 en la Glorieta de La Luna*

Los datos obtenidos fueron recolectados a la altura de los puentes peatonales, con la finalidad de evitar un registro erróneo puesto que, si se realiza la medición a nivel del piso, todas las mediciones se estarían tomando directamente de los escapes de los vehículos. Con la idea de reducir la incertidumbre en los resultados, se realizaron cuatro mediciones obteniendo así el promedio para cada lugar con la idea de comparar resultados e identificar variaciones significativas.

### **6.10 Cuantificación de las hectáreas afectadas por las ICU**

Para el proceso de contabilizar las hectáreas de incidencia derivadas de las ICU se siguió la siguiente metodología.

- Determinar los trayectos de estudio de acuerdo con las rutas definidas anteriormente en las Figuras de la 12 a la 14.
- Localizar las ICU que inciden en las rutas 01 y 13 indicadas en las Figuras de la 12 a la 14.
- Identificar el sitio geográfico con el apoyo de Google Maps en donde se ubica la ICU, de acuerdo con los mapas termográficos y con el software de My Maps se determina una acotación aproximada del área de incidencia.
- La acotación del área se lleva a cabo con la opción Marcar Línea dentro de My Maps, una vez definida el área, se selecciona la opción de Medir la superficie y automáticamente se realiza el cálculo.

Los pasos descritos se representan en la Figuras de la 19 a la 21 para las zonas correspondientes. Es importante mencionar que solo se contempla la zona donde transita las rutas, este proceso se realiza para cada ICU identificada.

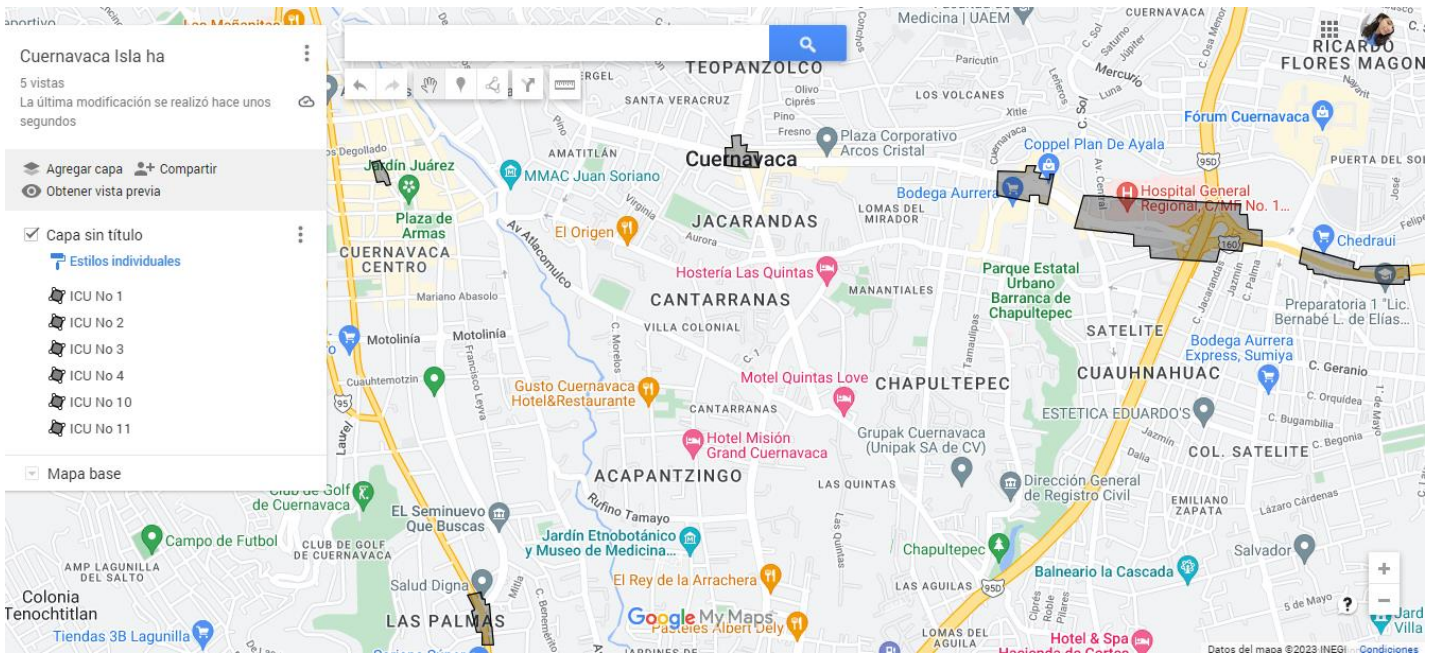


Figura 19. Cálculo de hectáreas afectadas por las ICU zona Cuernavaca

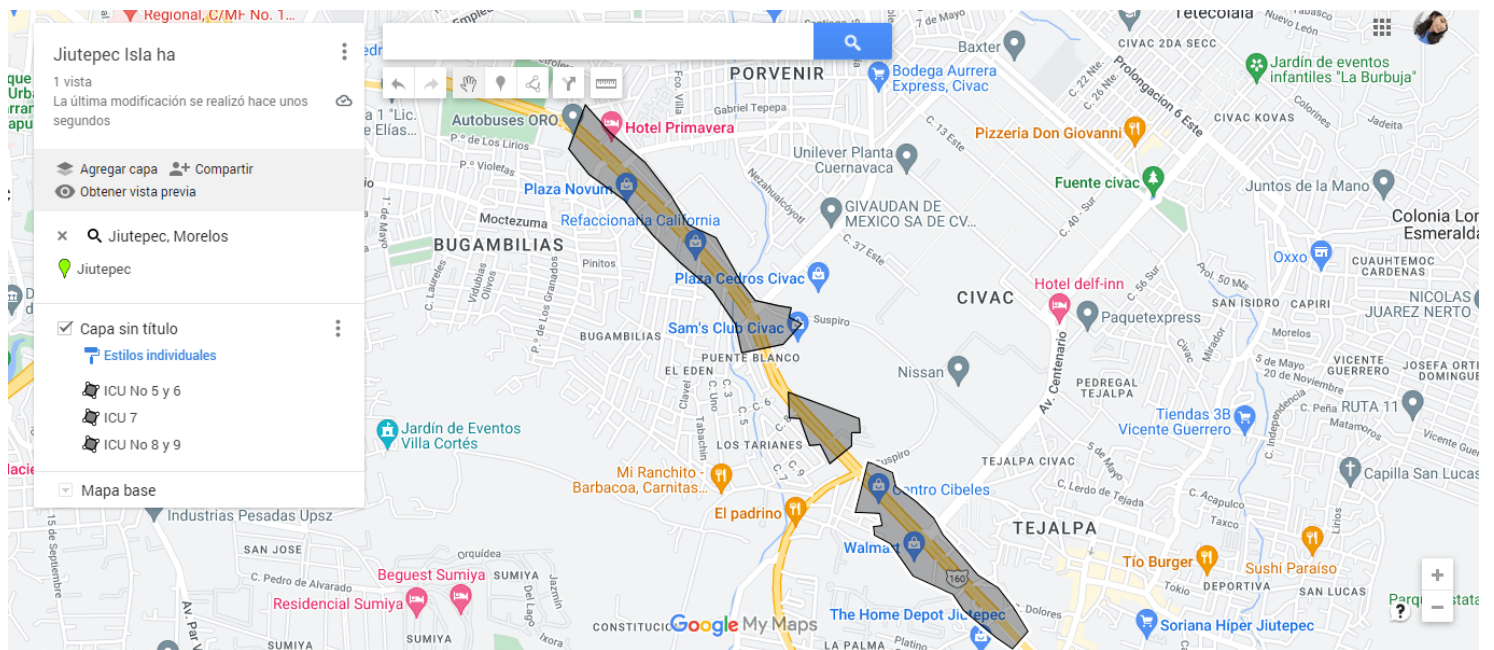


Figura 20. Cálculo de hectáreas afectas por las ICU zona Jiutepec



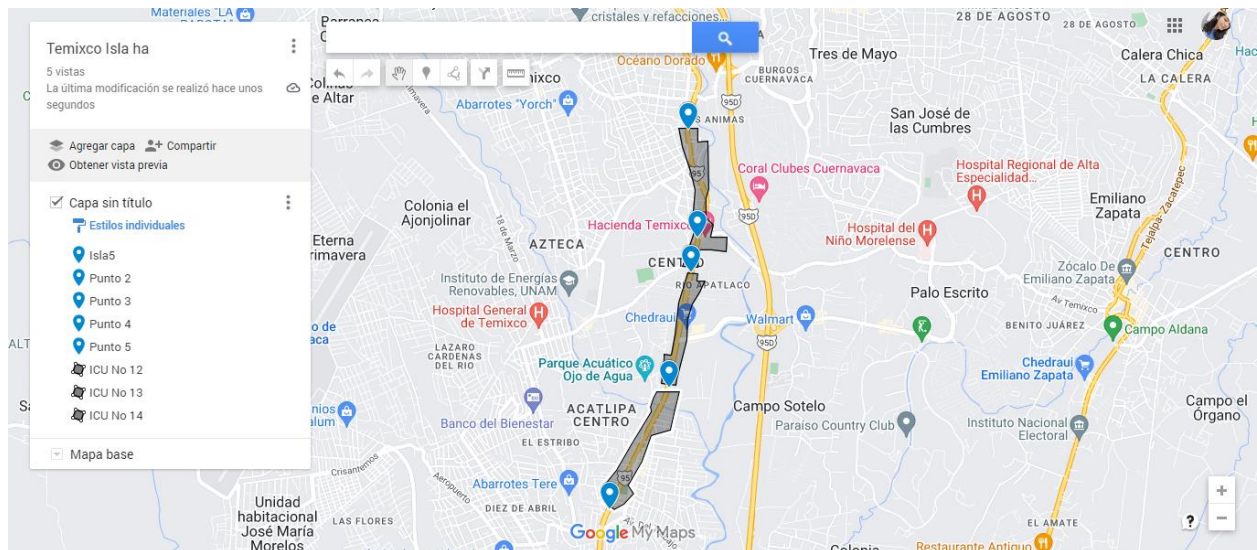


Figura 21. Cálculo de hectáreas afectadas por las ICU zona Temixco

## 7 Resultados

De acuerdo con la información, se cuantifica un total de 14 ICU incidentes en la zona metropolitana de Cuernavaca. La superficie de las ICU identificadas, asciende a aproximadamente 107 ha.

- En este sentido para el caso de Cuernavaca se cuantifica un total de 6 ICU. Las ICU identificadas tienen como característica su ubicación, cerca de cruces y entronques viales con un alto flujo vehicular, con velocidad de vehículos transitantes del orden de 40 km/hr, además de paradas concurridas. Las ICU en Cuernavaca, se presentan en la Figura 22.
- Para el municipio de Jiutepec se determinan 5 ICU identificando que gran parte de éstas se localizan, alrededor de La Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca,



CIVAC, y aledaños, paraderos concurridos, negocios, unidades habitacionales y balnearios. Las ICU en Jiutepec, se representan en la Figura 23.

- Finalmente, en el municipio de Temixco se localizan 3 ICU, en la zona centro del municipio, pues se identifica que son causadas por la aglomeración de negocios y plazas comerciales. La ICU en Temixco, se presentan en la Figura 24.

Es importante mencionar que no todas las zonas que se encuentren en tonalidades amarillas, naranjas o blanco indican la presencia de una ICU, existe la probabilidad de identificar hectáreas de terreno baldío sin edificar pero que forma parte de los bienes del Estado, en estos sitios generalmente se encuentra con un suelo árido. En esta condición, se determina que esas ICU aparentes son el resultado de la orografía y clima del estado y no derivado de actividades antropogénicas.

Dentro de estas zonas áridas se encuentra un estancamiento de aire caliente debido a la ausencia de vegetación que ayude a absorber el calor de la superficie expuesta como piedras, arena y el suelo en general, provocando una mayor reflectancia.

## 7.1 ICU identificadas en los mapas termográficos de la zona de Cuernavaca



### Islas de calor (temperatura, °C) - Cuernavaca



Temperatura de superficie (°C, 24/02/2017)		Simbología	
30.1 - 32.0	32.1 - 34.0	Vías terrestres	Barrañas
34.1 - 36.0	36.1 - 38.0	Áreas Naturales Protegidas	Limite municipal
< 22.1	> 38.0		
22.1 - 28.0			
28.1 - 30.0			

[www.morelos.gob.mx](http://www.morelos.gob.mx)

Figura 22. Localización de 6 ICU en la zona de Cuernavaca



## 7.2 ICU identificadas en los mapas termográficos de la zona de Jiutepec

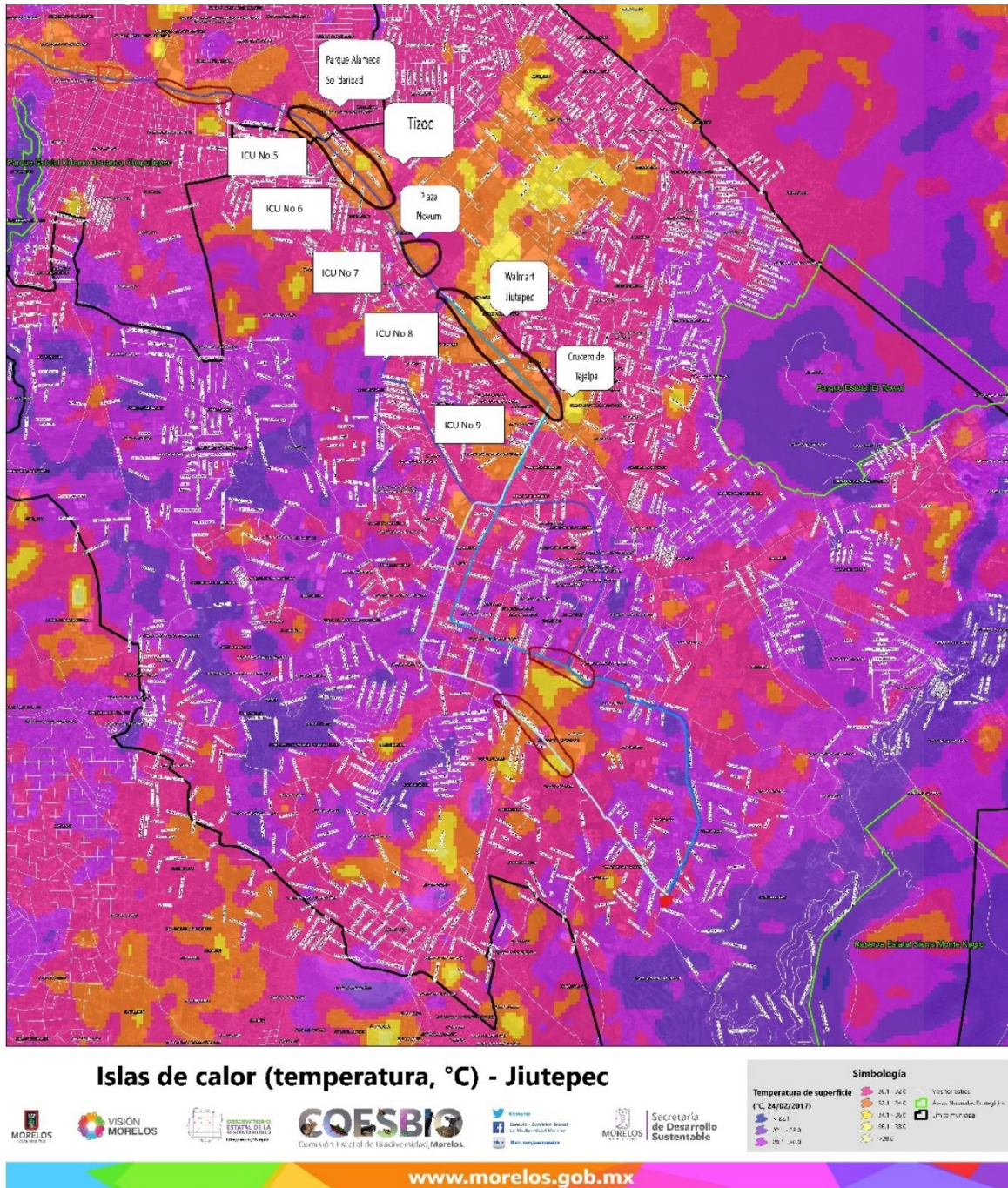


Figura 23. Localización de 5 ICU en la zona de Jiutepec



### 7.3 ICU identificadas en los mapas termográficos de la zona de Temixco

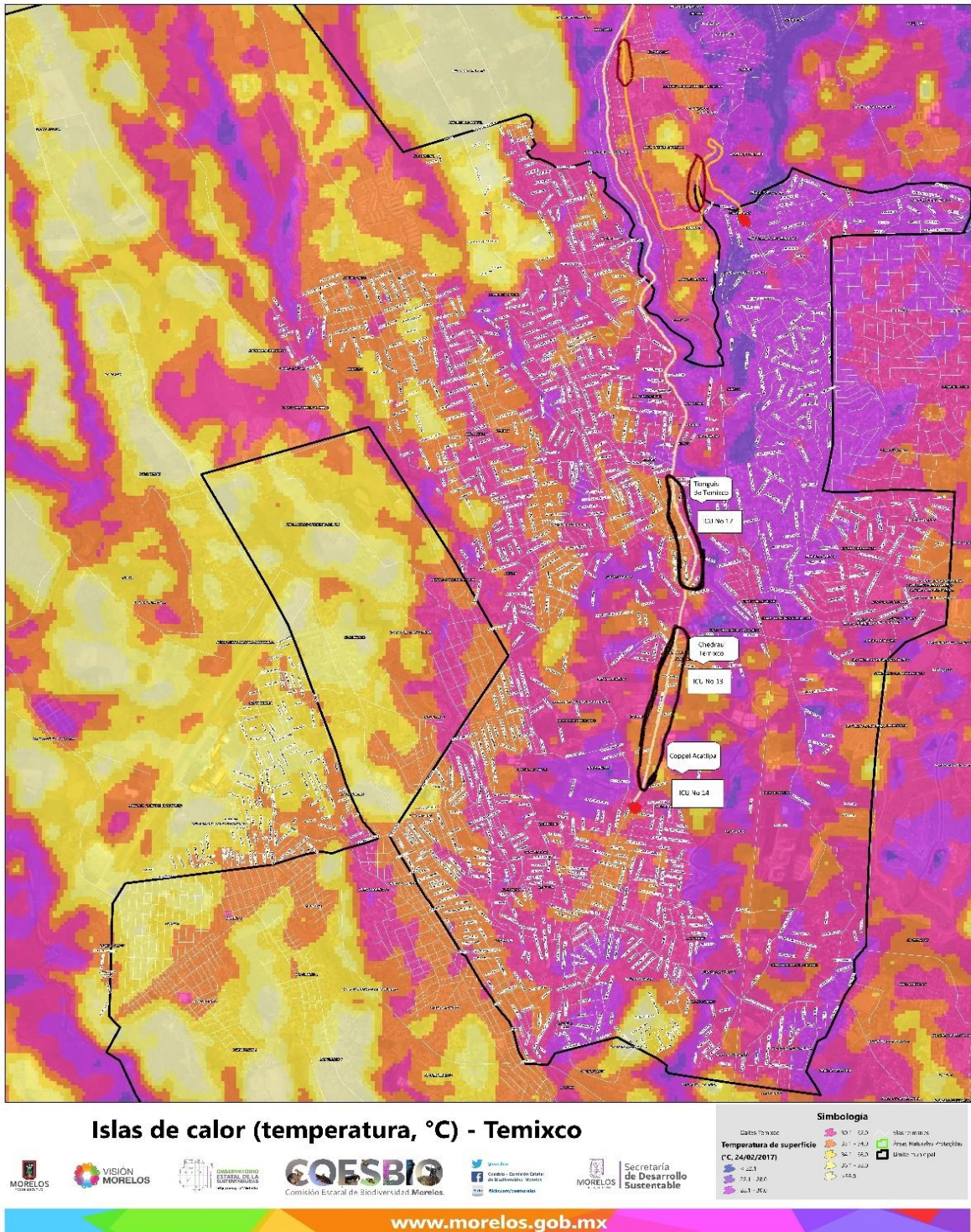


Figura 24. Localización de 3 ICU en la zona de Temixco

El área de incidencia de las ICU identificadas de la ruta 01 se presenta en la Tabla 8

Tabla 8

Hectáreas de las ICU identificadas en las mediciones de la ruta 01

<b>Medición</b>	<b>Área (ha)</b>
<i>Centro de Cuernavaca</i>	0.70
<i>Las Palmas</i>	2.53
<i>Tianguis de Temixco</i>	6.19
<i>Chedraui de Temixco</i>	19.3
<i>Coppel de Acatlipa</i>	23.80

Como parte de los resultados, se logran identificar 14 ICU dentro de los trayectos analizados, representando aproximadamente 107 ha dentro de la zona metropolitana de Cuernavaca. Esta información tiene un impacto significativo de acuerdo con la densidad poblacional, pues el territorio morelense cuenta con un aproximado de 500,000 hectáreas, y la zona metropolitana 36,000 hectáreas representado el 7% del territorio. El total de ha que representan las ICU en un aproximado es del 50% sobre la población del estado.

Como efecto de la medición activa, se acudió a los lugares identificados con mayores índices de CO<sub>2</sub> dentro del recorrido de la ruta 13 registrados en la Tabla 8, permitiendo correlacionar la información a partir de los mapas térmicos.

Tabla 9 Áreas de las ICU identificadas en las mediciones de la ruta 13

<b>Medición</b>	<b>Área (ha)</b>
<i>Teopanzolco</i>	0.34
<i>Glorieta de la Luna</i>	11.30
<i>Entronque a la Autopista</i>	8.21
<i>Chedraui Jacarandas</i>	6.26
<i>Parque Alameda Solidaridad</i>	2.65
<i>Tizoc</i>	10.70
<i>Plaza Novum</i>	2.69
<i>Walmart Jiutepec</i>	5.60
<i>Crucero de Tejalpa</i>	6.90

La expresión partes por millón o ppm, es una unidad de medida de concentración utilizada cuando se trata de medir concentraciones muy reducidas, representan las cantidades de partes de la sustancia analizada contenidas en un millón de partes. De la muestra ejemplo, si se quiere decir que hay 500 ppm de CO<sub>2</sub>, nos está indicando que, en un millón de la mezcla, 500 partes constituyen al CO<sub>2</sub>. Como forma de interpretación, 1 ppm representa la millonésima parte de un conjunto.

Las mediciones experimentales en los puntos identificados como ICU son descritas en una bitácora registrando la concentración de CO<sub>2</sub>, TVOC, HCHO además de la temperatura, las mediciones se realizaron iniciando en el trayecto de la ruta 13, siendo como primera ICU Av. Teopanzolco Esq. Av. Plan de Ayala y así sucesivamente, de manera posterior, las mediciones continuaron en el trayecto de la ruta 01 mostrada en la Tabla 10.

Tabla 10

Resultado de las mediciones de la calidad del aire en el trayecto ruta 01 del estado de Morelos

RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL TRAYECTO DEL TRANSPORTE URBANO "RUTA 01" DEL ESTADO DE MORELOS									
Fecha: 18 - noviembre - 2021									
No. ICU	Ubicación	Hora	CO <sub>2</sub> (ppm)	TVOC (mg/m <sup>3</sup> )	HCHO (mg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (K)	Coordenadas	Altitud (m)	Observaciones
10	Calle No Reelección Esq. Santos Degollado	15:16	581	0.18	0.03	303.35	185526 N/ 99148W	1470	Flujo concurrido de rutas y personas
			406	0.01	0				
			399	0.01	0				
			426	0.05	0.009				
			453	0.06	0.00975				
11	Niño Artillero	15:45	555	0.05	0.027	301.35	185425 N/ 991354W	1480	Gasolinera con carga vehicular
			486	0.06	0				
			385	0.02	0				
			450	0.06	0.01				
			469	0.04	0.00925				
12	Tianguis de Temixco	16:14	397	0.01	0	305.75	185025 N/ 991329 W	1226	Sin presencia de viento ni carga vehicular
			389	0.01	0				
			438	0.02	0.002				
			389	0.02	0.002				
			403.25	0.01	0.001				
13	Chedraui Temixco	16:27	777	0.42	0.063	305.65	185010 N/ 991332 W	1215	Medición tomada a nivel del piso con carga vehicular
			840	0.60	0.097				
			830	0.53	0.085				
			406	0.01	0.004				
			713.25	0.39	0.06225				
14	Coppel Acatlipa	16:44	385	0.01	0	303.95	184913 N/ 991356 W	1214	Gasolinera a 200 m flujo vehicular moderado
			438	0.05	0.009				
			912	0.64	0.021				
			812	0.53	0.069				
			636.75	0.31	0.02475				

Tabla 11

Resultados de la calidad del aire en el trayecto ruta 13 del estado de Morelos.

<b>BITÁCORA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL TRAYECTO DEL TRANSPORTE URBANO "RUTA 13" DEL ESTADO DE MORELOS</b>									
<b>Fecha: 18 - noviembre - 2021</b>									
<b>No. ICU</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Hora</b>	<b>CO2 (ppm)</b>	<b>TVOC (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>HCHO (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Temperatura (K)</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud (m)</b>	<b>Observaciones</b>
1	Av. Teopanzolco Esq. Av. Plan de Ayala	11:21	385	0.021	0	297.35	185527 N/ 991316 W	1500	Gasolinera en contra esquina
			387	0.022	0				
			385	0.019	0				
			440	0.057	0				
			399.25	0.02975	0				
2	Glorieta La Luna	11:46	385	0.022	0	300.50	185523 N/ 991235W	1447	Niveles de CO <sub>2</sub> elevados con 6 unidades aglomerados 678 CO <sub>2</sub>
			385	0.018	0				
			394	0.016	0.004				
			430	0.022	0.007				
			398.5	0.0195	0.00275				
3	Trebol Autopista c/ entronque Bvb. Cuauhnáhuac	12:01	399	0.022	0	304.65	185514N / 99128W	1481	Flujo de vehicular moderado
			543	0.15	0.005				
			440	0.12	0.01				
			610	0.157	0.027				
			498	0.11225	0.0105				
4	Chedrahui Jacarandas	12:14	388	0.01	0	299.15	185514 N / 991155W	1466	Corrientes de viento elevados hora
			386	0.015	0.002				
			393	0.023	0.001				
			463	0.0127	0.038				
			407.5	0.015175	0.01025				
5	Parque Alameda Solidaridad	12:36	386	0.017	0	299.65	18558 N/ 991127W	1456	Semáforo
			427	0.014	0.0017				
			504	0.082	0.006				
			385	0.019	0				
			425.5	0.033	0.001925				
6	Tizoc	12:58	401	0.002	0	300.35	18550 N/ 91111W	1456	Sin observaciones
			558	0.151	0				
			385	0.024	0				
			385	0.024	0				



			432.25	0.05025	0				
7	Plaza Novum	13:10	921	0.149	0.107	301.35	185453 N/ 99115W	1496	Nivel de piso
			560	0.126	0.56				
			400	0.017	0				
			523	0.153	0.033				
			601	0.11125	0.175				
8	Walmart Jiutepec	13:30	385	0.019	0	301.95	18548 N/ 991027W	1402	Sin observaciones
			425	0.016	0.012				
			403	0.021	0				
			385	0.013	0				
			399.5	0.01725	0.003				
9	Crucero de Tejalpa	13:44	389	0.016	0.001	302.35	185350 N/ 10839 W	1387	Carga vehicular moderada
			407	0.019	0				
			614	0.233	0.04				
			629	0.24	0.037				
			509.75	0.127	0.0195				

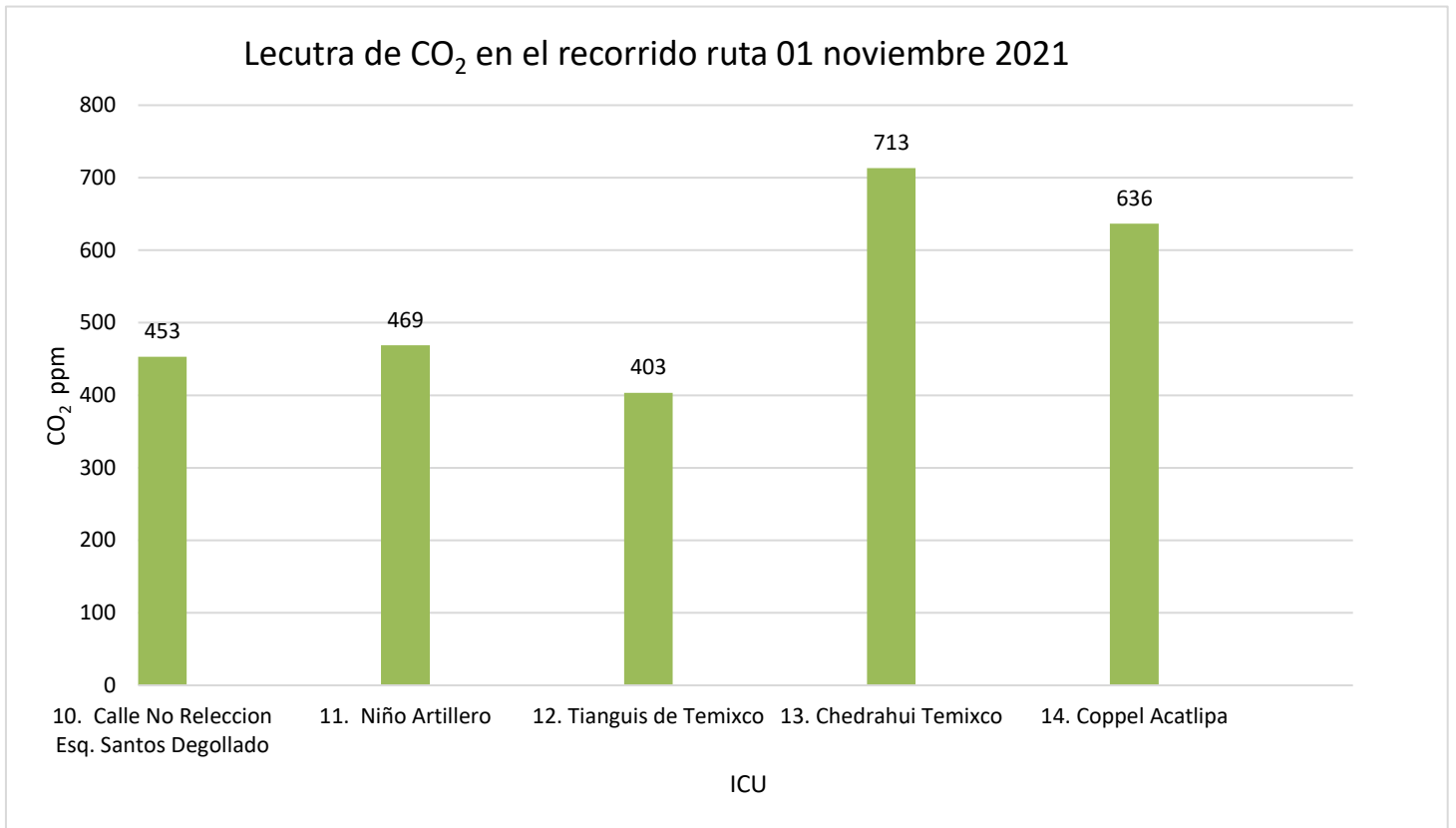
Realizar varias mediciones en el mismo sitio es de importancia debido a que el dispositivo necesita adaptarse a las condiciones ambientales, así como también detectar las variantes que existen en el lugar. Ejemplo, en la medición realizada en la Calle No Reelección esquina con Santos Degollado, ICU No 10, el dispositivo despliega como primera medición un valor de 581 ppm, las mediciones posteriores arrojan valores menores manteniéndose en un rango de 406-426 ppm. Este mismo comportamiento se observa en las mediciones en plaza Novum, correspondiente a la ICU No 7. El primer fue de 900 ppm, posteriormente 400 y 560 ppm. Estas variaciones sucedieron porque había un cambio en la dirección y/o velocidad de las corrientes de viento además de la presencia de camiones de carga. Por esta razón en la Gráfica 1 y 2 solo muestran el promedio de las mediciones.

Al llevar a cabo el registro, se hace la observación que durante los cuellos de botella o carga vehicular pesada con límite de 40 km/h, existe un aumento significativo de CO<sub>2</sub> y de manera

similar sucede en los semáforos. Estas características también se presentaron en el parque Alameda ICU No 5, igualmente en el Chedraui de Jacarandas, ICU No 4.

Los resultados de las mediciones de la ruta 01 se observan en la Gráfica 1 representando solo los promedios de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Gráfica 1. Promedio de las mediciones de CO<sub>2</sub> para ruta 01

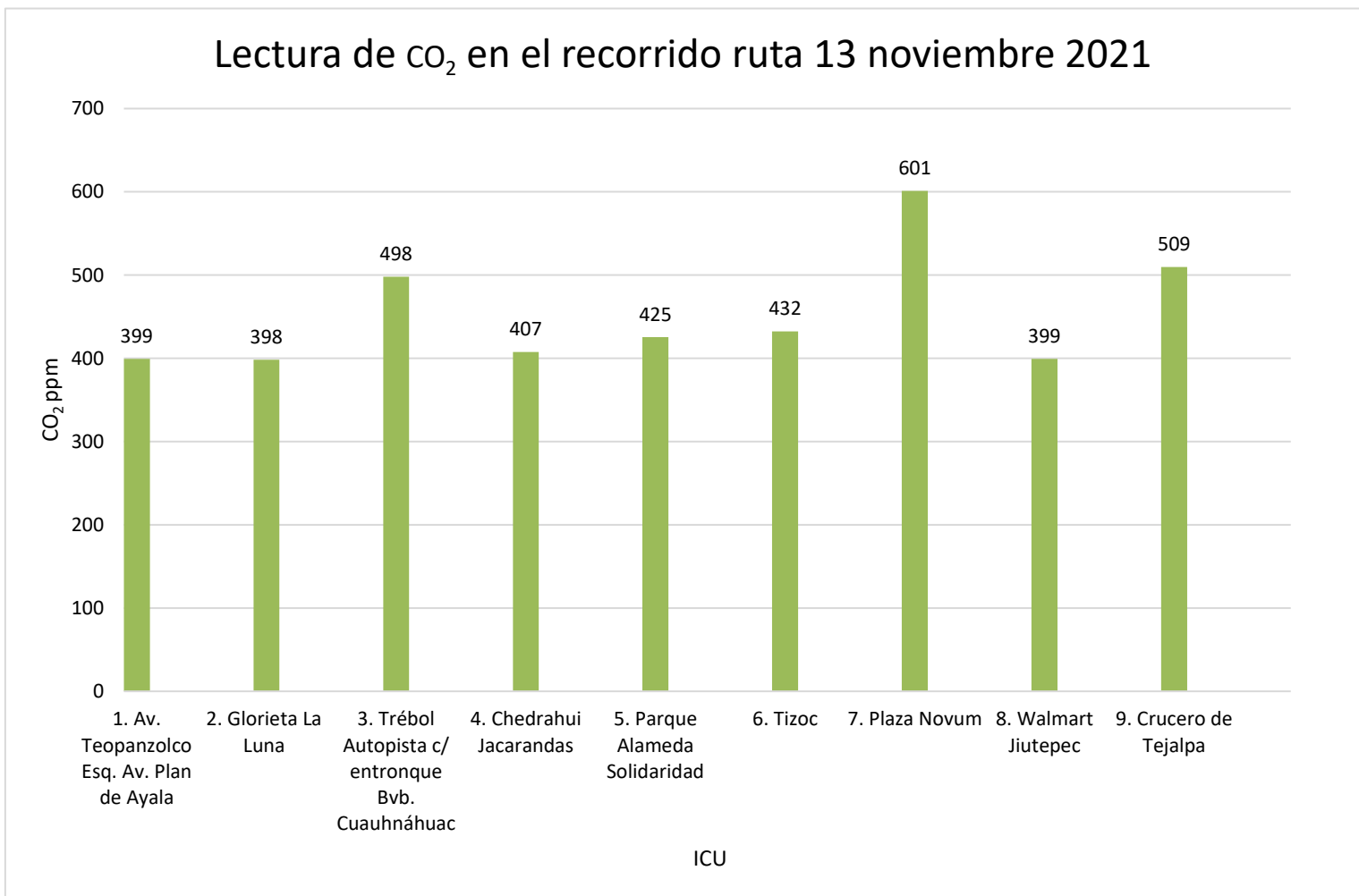


Para el caso de la ruta 01 el lugar con el registro más elevado es en el Chedraui de Temixco, ICU No 13, seguido del Coppel de Acatlipa, ICU No 14 y por último en la calle Niño artillero, ICU

No 11. Estos puntos identificados cuentan con una característica en común, la presencia de gasolineras y semáforos en esquina que detienen el flujo vehicular.

Los resultados de las mediciones de la ruta 13 se observan en la Gráfica 2 representando solo los promedios de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Gráfica 2. Promedio de las mediciones de CO<sub>2</sub> para ruta 13



A partir de los resultados se observa que en el trayecto de ruta 13 se identifica la lectura más alta de CO<sub>2</sub> en plaza Novum, la lectura del sitio arroja un valor de 601 ppm, en segundo lugar, el Crucero de Tejalpa con una medición de 509 ppm y tercero es el entronque con la autopista con el boulevard Cuauhnáhuac con 498 ppm, así mismo, los tres sitios coinciden en tener un aumento de carriles y flujo vehicular moderado.

Un factor importante para la toma de las muestras es la corriente de aire que puede influir en la difusión de las partículas de CO<sub>2</sub> y en la temperatura del lugar. Es importante mencionar que los valores tomados coinciden entre ellos mismos, debido a que las muestras tomadas fueron realizadas con el mismo paso del flujo vehicular como fue en el caso de Avenida Teopanzolco esquina con Avenida Plan de Ayala, ICU No 1 y en la Glorieta de la Luna, ICU No 2. Este fenómeno ocurrió debido a que se iba midiendo en conjunto con el mismo flujo vehicular, sin embargo, esta situación cambia al pasar el entronque de la autopista.

#### **7.4 Niveles permisibles de CO<sub>2</sub>**

De acuerdo con estudios realizados por la OSHA, se indica que los niveles de CO<sub>2</sub> en el aire exterior suelen oscilar entre 300 y 400 ppm (OSHA, 2023). Asimismo, el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales en España, indica que el parámetro comúnmente localizado también se encuentra entre los 300 y 400 ppm siendo los niveles permisibles de CO<sub>2</sub> en el entorno (Ministerio de Trabajo y asuntos sociales España, 2000).

En México, varias Normas Oficiales Mexicanas NOM, están relacionadas con la calidad del aire y regulan los contaminantes atmosféricos que afectan la salud pública y el medio ambiente. Algunas de las NOM más relevantes son:

NOM-020-SSA1-2014. Estable los límites máximos permisibles de contaminantes para proteger la salud la salud de la población. Regula los niveles aceptables de contaminantes como el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno, (NO<sub>2</sub>) Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O<sub>3</sub>), Partículas Suspendidas (PM 2.5 y PM 10) y Plomo (Pb) en el aire.

También la NOM-156-SEMARNAT-2012, relacionada con las emisiones de compuestos volátiles que provienen de fuentes fijas y establece los límites máximos permisibles de emisión de estos compuestos en las actividades industriales.

Además, la NOM-025-SSA1-2014, indica los valores límite de la exposición a los que puede estar expuesta la población a los Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

Estas normativas buscan impulsar medidas para reducir las emisiones de GEI en México, contribuyendo así a mitigar los efectos del cambio climático.

Con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, está la NOM-163-SEMARNART-ENER-SCFI-2013, que estable los parámetros y la metodología para el cálculo de los promedios corporativos de CO<sub>2</sub>, los límites son expresado en gramos de CO<sub>2</sub> por kilómetro (g CO<sub>2</sub>/km) y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, con base en los vehículos automotores ligeros nuevo, no excedente al peso bruto de los 3,857 kg, que utilizan gasolina o diésel como combustible incluyendo en su cálculo las emisiones de HC y CO, sobre una base de CO<sub>2</sub> equivalente. Debido a que se reconoce que las emisiones de HC y de CO se oxidan rápidamente a comparación con el CO<sub>2</sub> y, por lo tanto, se asumen como parte efectiva del CO<sub>2</sub> emitido por un vehículo.

Ante este panorama, las NOM toman en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> incluyéndolo en el cálculo para establecer los límites permisibles de HC y CO en vehículos automotores. Sin embargo, en la actualidad se carece de una norma específica para los parámetros de CO<sub>2</sub> en el ambiente.

De tal forma, se puede decir que las emisiones de CO<sub>2</sub> registradas en los municipios de Cuernavaca, Jiutepec y Temixco se encuentran por arriba de lo que normalmente se halla en el exterior, oscilan entre 300 y 400 ppm, pero además se midieron valores superiores a los 400 ppm.

## **8 Conclusiones**

De acuerdo con la investigación realizada, se percibe que las principales emisiones GEI, específicamente del CO<sub>2</sub>, son derivadas del transporte. De acuerdo con los resultados obtenidos se destaca una mayor concentración de emisiones de CO<sub>2</sub>, en los sitios donde se encuentran cruceros, sumando la presencia de semáforos que detienen el flujo vehicular y propicia un estancamiento de los gases liberados de los escapes de los vehículos automotores así mismo la presencia de gasolineras. Estas coincidencias tienen como característica la presencia de gasolineras como la Avenida Teopanzolco esquina Av. Plan de Ayala ICU, No 1 y Crucero de Tejalpa, ICU No 9, Niño artillero, ICU No 11, Chedraui Temixco, ICU No 13 y Coppel Acatlipa, ICU No 14.

En el trayecto de la ruta 01 se observan condiciones semejantes, sin embargo, los valores de concentración son mayores de los registrados en el trayecto de la ruta 13, como se aprecia en la Tabla 12.

Tabla 12

Mediciones con mayor índice de CO<sub>2</sub> para ruta 01.

<b>No. ICU</b>	<b>Sitio de muestra</b>	<b>Concentración CO<sub>2</sub> (ppm)</b>
13	Chedraui Temixco	713
14	Coppel Acatlipa	636
11	Niño Artillero	469

Basado en la Tabla 12, se identifica a la medición con mayor emisión de CO<sub>2</sub> es en Chedraui de Temixco, ICU No 13, con un valor de 713 ppm, debido que es el punto donde se presentan los tres principales factores que favorecen un aumento significativo de CO<sub>2</sub>, la plancha de pavimento del estacionamiento de los comercios, la entrada-salida de la carretera federal y el aumento de carriles en conjunto de los semáforos del crucero. Es esta medición fue realizada a nivel piso y que de manera similar sucede con la toma de muestra en plaza Novum ,ICU No 7, la segunda más alta registrada de todas las mediciones.

Continuando con los resultados obtenidos se observan las mediciones que destacan por sus altas concentraciones de CO<sub>2</sub>.

Tabla 13

Mediciones con mayor concentración de CO<sub>2</sub> para ruta 13

<b>No. ICU</b>	<b>Sitio de muestra</b>	<b>Concentración CO<sub>2</sub> (ppm)</b>
7	Plaza Novum	601
8	Crucero de Tejalpa	509
3	Trébol Autopista c/ entronque Boulevard Cuauhnáhuac	498

Los datos registrados en la Tabla 12, representan las concentraciones más altas de CO<sub>2</sub> en el trayecto que realiza la ruta 13. Las características observadas de los sitios mencionados destacan planchas de pavimento de los estacionamientos dentro de lugares comerciales, aunado a esto, se incrementa el número de carriles, consecutivamente eleva la cantidad de vehículos estacionado en los semáforos.

En conclusión, realizando una comparación con las mediciones se observa que, si hay una diferencia de temperatura al encontrarse dentro de una ICU y que ésta varía según la afluencia de vehículos, carriles y por consecuencia los GEI que llegan a esparcirse en el aire.

El ejemplo más claro que se encuentra en este estudio es la temperatura en la Av. Teopanzolco con Esquina a Avenida Plan de Ayala, ICU No 1, de 24°C en contraste con el valor de 31.5°C registrado en el Trébol Autopista con entronque Boulevard Cuauhnáhuac ICU No 3. Es importante hacer esta observación debido a que la distancia entre estos dos sitios es tan solo de 2 Km y que la variación de temperatura es de 7.5°C.

Por lo anterior, es evidente que estos cambios de temperatura provienen de los GEI debido al desarrollo de las actividades y por el uso y tránsito diario de fuentes móviles que utilizan combustibles fósiles, particularmente el transporte público.

Es fundamental mencionar el riesgo de salud que implica para las personas que se exponen diariamente y por periodos prolongados a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Así mismo, también afecta a aquellos actores ambulantes que desarrollan su labor en los semáforos y que por consecuencia se encuentran en una situación vulnerable por la directa exposición.

Recordando que, cada año la exposición a la contaminación del aire causa 7 millones de muertes prematuras y provoca la pérdida de otros tantos más millones de años de vida saludable (OMS, 2014).



Con los datos obtenidos es factible implementar el concepto de ciudades inteligentes para el crecimiento y la promoción de las tecnologías de comunicación, así como también el transporte para el desarrollo sostenible con el fin de abordar los desafíos que implica la urbanización con el propósito de prevenir enfermedades y defunciones resultante de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Dichos desafíos que inciden en los ODS como la Salud y Bienestar siendo el Objetivo 3, además de Acción por el Clima correspondiente al Objetivo 13.

## **9 Recomendaciones**

Al concluir la evaluación de los trayectos es posible mencionar como recomendación la conservación de las áreas verdes con un mantenimiento adecuado además de colocar y preservar la vegetación dentro de los camellones con el propósito de crear los llamados sumideros de CO<sub>2</sub> y generadores de oxígeno, disminuyendo la temperatura. Es importante mencionar que las áreas verdes deben incluir plantas nativas para no interferir en la diversidad biológica nativa.

Una sugerencia adicional es la construcción de desniveles o puentes vehiculares para disponer de un flujo vehicular con menor estancamientos o cuellos de botella y al mismo tiempo menor periodo estacionado en semáforos.

Así mismo es aconsejable contar con el desarrollo de nuevas normativas enfocadas en las emisiones de CO<sub>2</sub> que regulen los niveles permisibles en las ciudades.

## 10 Bibliografía

- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. (2 de junio de 2022). *Base de datos de productos químicos ocupacionales de OSHA DIÓXIDO DE CARBONO*. Obtenido de <https://www.osha.gov/chemicaldata/183>. Fecha de acceso junio de 2023
- Air Liquide . (2023). *¿Cómo realizar un análisis de muestras de gas?* Obtenido de <https://es.airliquide.com/soluciones/calibracion/como-realizar-un-analisis-de-muestras-de-gas#:~:text=An%C3%A1lisis%3A%20El%20an%C3%A1lisis%20de%20gases,y%20de%20la%20reactividad%20qu%C3%ADmica>. Fecha de acceso diciembre 2023
- Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados [ACNUR]. (28 de febrero de 2016). *¿Cuáles son las causas del calentamiento global?* Recuperado el 30 de noviembre de 2022, de <https://eacnur.org/blog/causas-del-calentamiento-global/>. Fecha de acceso noviembre 2022
- Ameneiro, A. (12 de febrero de 2023). Los árboles reducen 1,3 grados la temperatura y bajan la mortalidad por calor. Obtenido de [https://www.diariodesevilla.es/sevilla/arboles-mortalidad-calor-Sevilla-islas-urbanas-ISGlobal\\_0\\_1764425289.html](https://www.diariodesevilla.es/sevilla/arboles-mortalidad-calor-Sevilla-islas-urbanas-ISGlobal_0_1764425289.html). Fecha de acceso agosto 2023
- Arrow Electronics. (2 de agosto de 2019). *Sensores electroquímicos: desafíos y soluciones de diseño de interfaz*. Obtenido de <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/electrochemical-sensors-interface-design-challenges-and-solutions>. Fecha de acceso mayo 2022
- Barragán, R. A., y Llanes, E. A. (2020). La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el ecuador a partir del uso de las energía renovables. *Universidad, Ciencia y Tecnología Revista Multidisciplinaria*, 36-46.
- Caballero, M., Lozano, S., y Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*.
- COESBIO. (2017). *Sistema Estatal de Información Ambiental y Recursos Naturales Morelos*. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/oesmorelos/33167959214/in/album-72157689357413861/>. Fecha de acceso octubre 2021
- Comisión Estatal de Biodiversidad [COESBIO]. (13 de abril de 2017). *Sistema Estatal de Información Ambiental y Recursos Naturales Morelos*. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/oesmorelos/albums/72157689357413861/with/33167959214/>. Fecha de acceso octubre 2021
- Dirección General de Tráfico. (enero de 2020). *Entra en vigor la nueva normativa europea sobre emisiones*. Recuperado el 24 de mayo de 2023, de <https://revista.dgt.es/es/motor/noticias/2020/01ENERO/0108normativa-europea-sobre-emisiones.shtml#:~:text=Este%201%20de%20enero%20entra,de%20CO2%20por%20kil%C3%B3metro%20recorrido>. Fecha de acceso mayo 2023

- Douglas, A. Skoog y Donald, M. West (1999). *Análisis Instrumental*. McGraw Hill
- Escamilla, V. H. (21 de Septiembre de 2019). *Blog Recursos Humanos*. Obtenido de Importancia del Acceso a la Energía en el Desarrollo Sustentable: <https://www.amedirh.com.mx/blogrh/sector-energetico-en-rh/importancia-del-acceso-a-la-energia-en-el-desarrollo-sustentable/>. Fecha de acceso noviembre 2022
- Godoy Uribe, G. M. (s.f.). *Boletín de Dinámica de sistema*. Obtenido de <http://www.dinamica-de-sistemas.com/revista/0913d.htm>. Fecha de acceso febrero 2023
- Graves, R. J., Way, K., Riley, D., Lawton, C., & Morris, L. (2002). Development of risk filter and risk assessment worksheets for HSE guidance. *Applied Ergonomics*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687004000602>. Fecha de acceso abril 2023
- Hernández, E. (2019). *CÁMARAS TERMOGRÁFICAS (IR TÉRMICO) [Tesis de grado en ingeniería] Repositorio Institucional Universidad de la Laguna*. Obtenido de <https://riull.uill.es/xmlui/bitstream/handle/915/21422/Camaras%20termograficas%20%28IR%20termico%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Fecha de acceso junio 2023
- INEGI. (2013). *Los Objetivos de Desarrollo del Milenio en México*. Recuperado el 23 de mayo de 2020, de Informe de avances 2013 Resumen Ejecutivo:  
<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/UNDP-MX-ODM-REInformeMex-2013.pdf>. Fecha de acceso noviembre 2022
- INEGI. (16 de marzo de 2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Recuperado el 13 de enero de 2021, de [https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Resultados\\_generales](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Resultados_generales). Fecha de acceso diciembre 2022
- Instituto Mexicano para la Competitividad [IMCO]. (enero de 2010). *La contaminación del aire en México ha generado costos aproximados de 14 mil millones de pesos desde 2010 a la fecha*. Fecha de acceso marzo 2023
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2013). *Los Objetivos De Desarrollo del Milenio en México. Informe de Avances 2013 Resumen Ejecutivo*.  
<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/UNDP-MX-ODM-REInformeMex-2013.pdf>. Fecha de acceso diciembre 2022
- Jáuregui O, E. (1979). La isla de calor en Toluca, Méx. *Investigaciones Geográficas* 9, 27-37.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n9/n9a2.pdf>. Fecha de acceso septiembre 2021
- Kenneth, W., y Cecil, W. (2004). *Contaminación del aire: origen y control*. México: Limusa.
- Luque Ordóñez, J. (2023). Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. *Manual Formativo de ACTA*, 62, 17-31.

- Martínez, M., Campos, L., y Castillo, J. (2019). Cálculo de la línea base de las emisiones de gases de efecto invernadero y proyecciones a futuro para el sector transporte en el estado de Veracruz, México. *Tecnología en Marcha*, 118-133.
- Meneses Figueroa, T. Z., y Iral Fiquitiva, P. A. (2017). *Análisis espacio-temporal de variables que inciden en la generación de islas de calor urbana en la localidad de Kennedy [Tesis para obtener el título de Ingeniería Ambiental]*. Universidad de Santo Tomas, Bogotá. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/9215>. Fecha de acceso julio 2023
- Merino, L. (2012). *Energía Renovables para todos. Energías Renovables*. [https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/cuaderno\\_GENERAL.pdf](https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/cuaderno_GENERAL.pdf). Fecha de acceso diciembre 2022
- Ministerio de Trabajo y asuntos sociales España. (2000). *NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire*. Obtenido de [https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp\\_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%20como%20contaminante&text=El%20valor%20%C3%ADmite%20de%20exposici%C3%B3n,15%20minutos%20de%2015.000%20ppm](https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%20como%20contaminante&text=El%20valor%20%C3%ADmite%20de%20exposici%C3%B3n,15%20minutos%20de%2015.000%20ppm). Fecha de acceso agosto 2023
- Monitoring Systems. (2020). *Muestreadores Activos, Impactores Y Monitores para partículas viables*. Obtenido de [https://www.monsys.com.ar/partners\\_pms\\_2.html#:~:text=Los%20muestreadores%20activos%20permiten%20tomar,1](https://www.monsys.com.ar/partners_pms_2.html#:~:text=Los%20muestreadores%20activos%20permiten%20tomar,1). Fecha de acceso noviembre 2023
- Morales Ramos, A. C., Pérez Figueroa, M., y Pérez Gallardo, J. R. (2017). Energías renovables y el hidrógeno: un par prometedor en la transición energética de. *Investigación y Ciencia*, 92-101. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67451351012.pdf>. Fecha de acceso diciembre 2022
- Naciones Unidas. (2022). *La población mundial llegará a 8000 millones en 2022*. Obtenido de <https://www.un.org/es/desa-es/la-poblaci%C3%B3n-mundial-llegar%C3%A1-8000-millones-en-2022>. Fecha de acceso noviembre 2022
- Oke, T. (2002). *boundary layer climates*. New York: Routledge.
- Organización Mundial de la Salud. (25 de marzo de 2014). *7 millones de muertes prematuras al año vinculadas a la contaminación del aire*. Recuperado el 1 de febrero de 2023, de <https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>. Fecha de acceso diciembre 2022
- OMS. (19 de diciembre de 2022). *Contaminación del aire ambiente (exterior)*. Recuperado el 18 de mayo de 2023, de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Fecha de acceso diciembre 2022
- ONU. (2015). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. Fecha de acceso octubre 2022

- Organización de las Naciones Unidas en México. (2021). *Acerca de nuestro trabajo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible en México*. Recuperado el 23 de mayo de 2023, de <https://mexico.un.org/es/sdgs>. Fecha de acceso octubre 2022
- Organización Mundial de la Salud. (22 de Septiembre de 2021). *Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire*. Recuperado el 20 de diciembre de 2022, de <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>. Fecha de acceso noviembre 2022
- Occupational Safety and ealth Administration. (24 de mayo de 2023). *Carbon Dioxide Health Hazard Informatios Sheet*. Obtenido de [https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media\\_file/2020-08/Carbon-Dioxide.pdf](https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/Carbon-Dioxide.pdf). Fecha de acceso mayo 2023
- Romero, S. e. (2011). *Identificación de las islas de calor de verano e invierno en la ciudad de*. México: Revista de Climatología.
- Secretaría de Energía. (22 de Abril de 2020). *SEMARNART*. Obtenido de [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2020/dgeiawf.semarnat.gob.mx\\_8080/ibi\\_apps/WFServletc2bf.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2020/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletc2bf.html). Fecha de acceso diciembre 2022
- Secretaría de Energía. (2021). *Blanace Nacional de Energía 2020*. Subsecretaría de Planeación y Transición Energética, México. Fecha de acceso diciembre 2022
- Secretaría de Energía. (2022). *Balance Nacional de Energía 2022*. México: Subsecretaría de Planeación y Transición Energética Dirección General de Planeación. Fecha de acceso diciembre 2023
- Secretaria del Bienestar . (2016). *México cumple con la mayoría de los Objetivos de Desarrollo del Milenio establecidos por la ONU: Vanessa Rubio*. Fecha de acceso enero 2023
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Día internacional del aire puro* . Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/dia-internacional-del-aire-puro?idiom=es#:~:text=El%20organismo%20reconoce%20que%20%E2%80%9Ccada,hora%20o%2014%20por%20minuto>. Fecha de acceso septiembre 2023
- Soto Estrada, E., Correa Echeveria, S., & Posada Posada, M. I. (julio-diciembre de 2017). THERMAL ANALYSIS OF URBAN ENVIRONMENTS IN MEDELLIN, COLOMBIA,. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, vol. 11, núm. 2, 142-149. doi: 10.4090/juee. 2017.v11n2.142149. Fecha de acceso septiembre 2021
- The International Volcanic Health Hazard Network (IVHHN). (s.f.). *Carbon Dioxide (CO2)*. Recuperado el 2023, de <https://www.ivhhn.org/es/information/information-different-volcanic-gases/carbon-dioxide#:~:text=El%20CO2%20es%201.5,puede%20acumularse%20en%20elevaciones%20bajas>. Fecha de mayo 2023
- The National Institute for Occupational Safety and Health. (2019). NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazard. *The NIOSH Occupational Exposure Banding Process for Chemical Risk Management 132*. doi:<https://doi.org/10.26616/NIOSH PUB2019132>. Fecha de acceso junio 2023

TRITEK. (Marzo de 2021). *Certificación de la FCC*. Obtenido de <https://www.tritekbattery.com/es/fcc-certification/>. Fecha de acceso diciembre 2023

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. (20 de noviembre de 2008). *DISEÑO, CONSTRUCCION Y ENSAYO DE UN COLECTOR SOLAR DE TUBOS COAXIALES DE VIDRIO Y COBRE PARA CALENTAMIENTO DE AGUA*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/robvaler/diseo-construccion-y-ensayo-de-un-colector-solar-de-tubos-coaxiales-de-vidrio-y-cobre-para-calentamiento-de-agua-presentation>. Fecha de acceso julio 2023

West., D. A. (1999). *Análisis Instrumental*. México: McGraw Hill.

Zelear, M. (2021). *Elección entre métodos de muestreo de gas para procesos de refinación en el norte de California*. Obtenido de [https://northern-cal-swagelok-com.translate.google.com/blog/choosing-gas-sampling-methods-northern-california-refining-snc?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=rq#:~:text=There%20are%20three%20standard%20methods,be%20employed%20for%20refinery%20applicat](https://northern-cal-swagelok-com.translate.google.com/blog/choosing-gas-sampling-methods-northern-california-refining-snc?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=rq#:~:text=There%20are%20three%20standard%20methods,be%20employed%20for%20refinery%20applicat). Fecha de acceso diciembre 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
Químicas e Ingeniería

## FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT  
SGI certificado en la norma ISO 9001:2015 e ISO 21001:2018

FORMA T4  
NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR

Cuernavaca, Mor., a 18 de octubre de 2023

**DR. ROBERTO FLORES VELÁZQUEZ**  
**DR. ORLANDO FUENTES CASTAÑEDA**  
**DRA. GABRIELA HERNÁNDEZ LUNA**  
**DR. ROSENBERG J. ROMERO DOMÍNGUEZ**  
**DRA. FERNANDA MORALES GUZMÁN**  
**P R E S E N T E**

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** de la TESIS titulada:

**Análisis del efecto térmico asociado con islas de calor urbano en los municipios de Cuernavaca, Jiutepec y Temixco.**

Dirigida por la **DRA. GABRIELA HERNÁNDEZ LUNA** y **DR. ROSENBERG J. ROMERO DOMÍNGUEZ**.

Que presenta (el) o (la) **C. KARINA MONSERRAT AYALA COBREROS**, del programa educativo de la **LICENCIATURA en INGENIERÍA QUÍMICA**

ATENTAMENTE  
*Por una humanidad culta*

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA**

Se anexa firma electrónica

### DICTAMEN

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA DE LA FCQeI**  
**P R E S E N T E**

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

VOTO	NOMBRE
Aprobatorio	<b>DR. ROBERTO FLORES VELÁZQUEZ</b>
Aprobatorio	<b>DR. ORLANDO FUENTES CASTAÑEDA</b>
Aprobatorio	<b>DRA. GABRIELA HERNÁNDEZ LUNA</b>
Aprobatorio	<b>DR. ROSENBERG J. ROMERO DOMÍNGUEZ</b>
Aprobatorio	<b>DRA. FERNANDA MORALES GUZMÁN</b>

Se anexan firmas electrónicas de cada revisor, en las cuales se incluye la fecha y hora que se ha emitido el voto aprobatorio.

VALH/fmg





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ** | Fecha:2023-10-18 18:21:19 | Firmante

nf96mqjzHx9FeYK5LWHGAoXUoGgXawoDUqqpHQhC8ZHUUppbcmTfHwtn7ZcmsbmXEHc9EDpBV2rOF/XYDdT59jPoflN447sf3/p/HF+OKj5KM+9TEXpRDtyFsDx9fwY2Zy26t  
bM4uCI54LPLafZOpg4hjjdkppl4vfaivLRqKUL9c0UdPWDA3NmNr/bKvQu6uBYXmCsurDospYKvloY/7gGclEEdALlulExyl+gOsmnLfSX+3S0mjEWd8YTKl/3KuZ4l/5pqeDCRQXl3j  
fufP2nZlnl35NHq1VZsxDAexRK0TovZLbx7bpy3zUi5tAGM3gCkX0ew65q6dlyfPOQD1Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[baUlgpLcu](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/LVD6G6vuMKGm9hZ8RRetTk1As5OOiEbp>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**GABRIELA HERNANDEZ LUNA | Fecha:2023-10-19 12:07:37 | Firmante**

IKEWqAe96Huw9CSPeAC/HWKtTj5sKkd0rdg2hKRrRaE8OoQm/ZUmp2g7eUA6tWj+OsECQkTQStLqrR3Y1JU9Hva37jN2oe/hiV5+CgV1FVBntDwl6pPDKqMwQHRx02Ft9keW67gVER6s4tal5d27p+s0tiEshWuy8hzn2shQMtUQcFEWt+TZl2QjtU9xUvZ23PVO4BKfctgwuDBc3uWbjU87vNbTpbxfS681H097tDyDwtavEa4kivYh1ypUCytqDmhSpatbi2K6VZnqA3XQzaxW6V1VQJ1U8wcmDVvIEEYdZRxe7pzO1lf0Gbr1OjXRjHjFMYo18S5bc7bFblg==

**ROSENBERG JAVIER ROMERO DOMINGUEZ | Fecha:2023-10-24 10:52:51 | Firmante**

nNN8YvgXMX+LIOMApHZ/1DX4av0xtO1EumlcDxYDxmYsFEUEViTvt8MF2xspRhDL05HZWvqXoypbghZvGajOI3b2CcVow/vXm9CKe9UwuyMqw2HbCJbehoDoDJBA6cdxGT/hDhBnkIfT2w1F5UG+Vfi+P5St/RxzCIYRYOkKSpBE3c94zM/S0uD3oICY6uQXP33C0vaA6Ra/jAxMqIS9KP3MniBXk26JeyAJ0tIjd5bNJFhi3UPMzHlz56AMPotMwglOHytZB7a0N/rtQybkOMkulizpmrt1/ACKfQMRdq5wXAet+i3WfbY0ovRF96i27/qx/1uBc28zmTakqchw==

**ORLANDO FUENTES CASTAÑEDA | Fecha:2023-10-28 09:26:26 | Firmante**

q8Non1eyMVwaoplYNbfrMOKr/sWfYk6YuQpjo+frLmxCkji60njZ03J7bH49AEz3l6e31DGdA2WPEgce5sD/LDjirDSd1Es7zfhicgn8LovsrudAgsoo1/J+xS3aUI6JwY6sVRUQkTbWTj/u2HRBhSBhGBaJAgqxvR6ES9fbzFAlHwhFu/3qoXdlQOwz24srxnNTDMr3HVUFyKudZuEFpbJ/E7xGMzb14SY+PUdfGz9O5Nc+5+/w5FTjDwhhdKHFajmEn9MNF95gttKKupOwbuM2Wx8yDjWqzE6jubWSJvJLWEEqez4zPQahmmwsnNoYs2UYiDq6Kz8nQDWXw==

**ROBERTO FLORES VELAZQUEZ | Fecha:2023-11-02 14:48:14 | Firmante**

Qn3Dloqfp9l3qCS/7vtRlqAMpkuYuVbAcnrKxOPj/GZpN6ZAtJBbZbYdogNtrQe1+ANxoqSgBH8aOUliEiQMeu7wNUcqdDSGMRrEI5mc7JhTwak045qVQQECxdd5Oxyiys9RzL3T4WG3jn7uKf2hjZ59O5bNCFYL8Q2Bq46myjBJmwUiqVGvfd4tD0f85fH4jLmhwN+TrsmldHbHzjzlvDbflls74FHpXOBED+QUhYPIamR7ekEcZbtBvBNFR0YU07v/SXNffgpshUl+ppSX7orozezcZlnMHjh3rNaxKUFb5nET7c29Praxu7uafJoGgspiqE5gFzV6pOOAsQ==

**FERNANDA MORALES GUZMAN | Fecha:2023-11-06 14:20:03 | Firmante**

e2oLQC4SozOJCSY/7BZNa6czmxkYUo0d2SKUQCL4LVcryXxDmGu7Mvt14Yv4G8W03vD7WKxBi1Wc29/9xdvqG6IWAw/xRDBBe+NaxrmHkmtail0YWieu7H5tQ1TKQ9dLUMxSQLhFZ0Zpo7k40dvUVIMpEhVYJl2TJUzjtrxxuUMTc1BO1peAdDgGf+Vz3Yl/fgcD/FT/kWXTerR9fUhrFewY3UgxBoXRAn7KEMqDfX2ZRZU+0yFYPKbNk2nxw9JBh1RoqADhJHFzyczeO8cmXybESvc1qKcnOGiMschJ/oeWGa7JWZM6kJMew3cBSWHX4OCAX1QKRz9leipKd4pw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



IMRgLiEVo

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/dQDzOPiPBdMaTmO7Oov6mArVJQV1oLXg>

