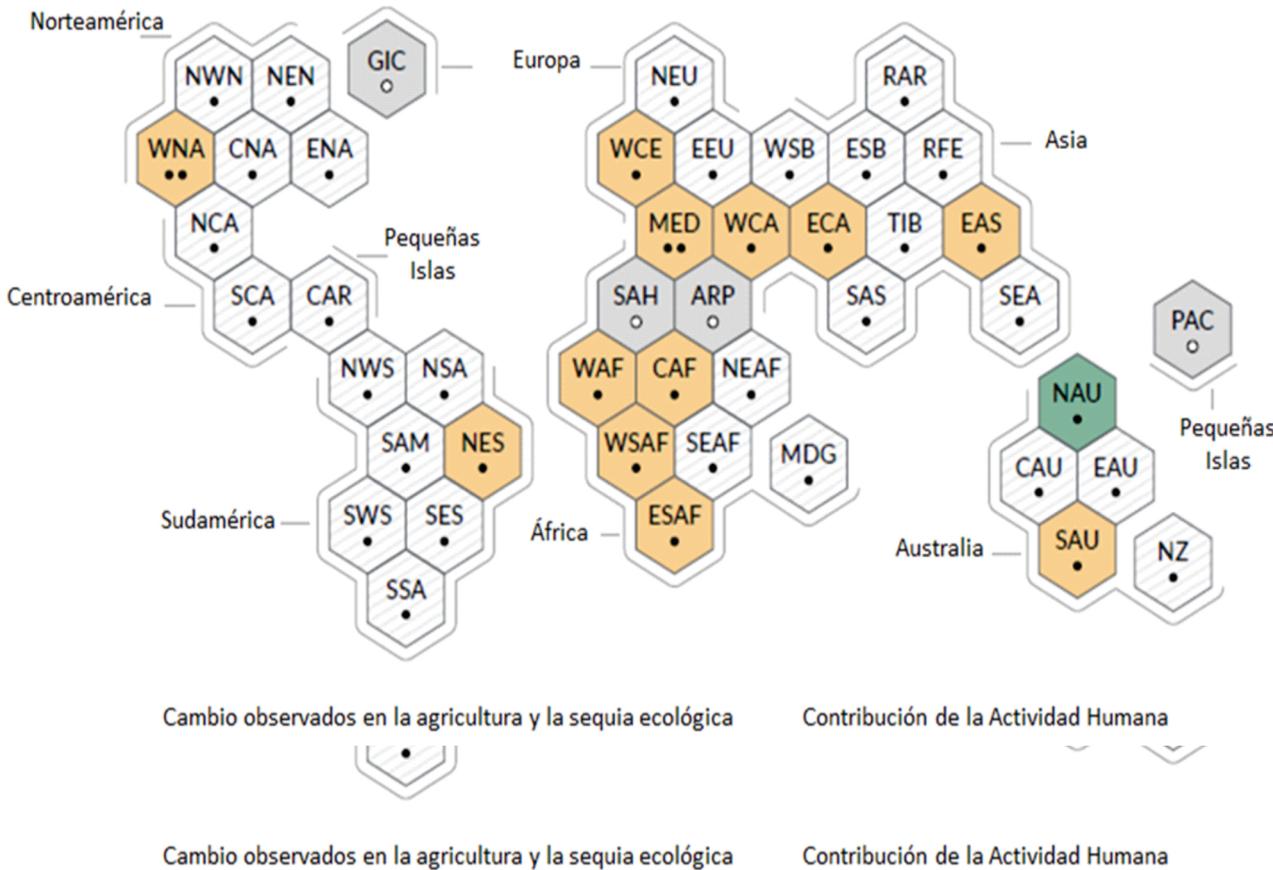


Metodología para la integración de un modelo de medición de CyGEI, para la construcción de una Agenda Ambiental para las zonas metropolitanas en México

Sócrates López Pérez.
Coordinador



**Metodología para la integración
de un modelo de medición de CyGEI,
para la construcción de una Agenda
Ambiental para las zonas metropolitanas
en México**

Sócrates López Pérez
Profesor Investigador
Coordinador de la Publicación
Responsable Técnico del proyecto CONAHCyT

AUTORES

Sócrates López Pérez
Luis Alberto Oliver Hernández
Juan Bacilio Guerrero Escamilla
Lydia Josefa Raesfeld
Sonia Bass Zavala
Genaro Moreno Beltrán
Silvia Soledad Moreno Gutiérrez
Mónica García Mungia
Silvia Lizbeth Aguilar Velázquez

Metodología para la integración de un modelo de medición de CyGEI, para la construcción de una Agenda Ambiental para las zona metropolitanas en México

Sócrates López Pérez.
Coordinador



CONAHCYT

LITO - GRAPO

S.A. de C.V.





IMPRESO EN MÉXICO
PRINTED IN MEXICO

Cerros de Tabasco 85
Naucalpan, Edo. de México

Primera edición, octubre de 2023

Este libro fue revisado por el método de pares de doble ciego, a través de una Comisión Revisora creada específicamente con este fin. La integración del primer documento elaborado, fue revisado por el grupo de investigación del proyecto UAEH-CONAHCyT. La obra final se revisó por el grupo de Investigadoras Asociadas del proyecto de CONAHCyT y elaboró su primera edición.

© 2023 Por características tipográficas y de diseño editorial
Lito-Grapo S.A. de C.V.

Derechos reservados conforme a la ley
ISBN 978-607-8758-92-0

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
SISTEMA DE FONDOS

Fondo: FOP04 Convocatoria: FOP04-2021-01

Solicitud: 000000000315834 Modalidad: B2

Libro publicado dentro del proyecto: Agenda de intervención para incidir en la mitigación y adaptación del Cambio Climático para mejorar la calidad del aire y la salud en tres Zonas Metropolitanas del estado de Hidalgo.

Proponente 1800184 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

GLOSARIO¹.

ACCIONES DE URBANIZACIÓN: La urbanización del suelo y la edificación en el mismo; comprende también la transformación del suelo rural a urbano; las fusiones subdivisiones y fraccionamientos de áreas y predios; los cambios en la utilización y en el régimen de propiedad de predios y fincas; la rehabilitación de fincas y zonas urbanas; así como las actividades encaminadas a proporcionar en un área de crecimiento la introducción o mejoramiento de las redes de infraestructura.

ACTIVIDAD ECONÓMICA: Conjunto de operaciones relacionadas con la producción y distribución de bienes y servicios. Se distinguen en economía: actividades primarias (agropecuarias y extractivas), secundarias (manufactura y producción industrial), terciarias (servicios), cuaternarias (servicios altamente especializados).

AGLOMERACIÓN URBANA: Es una región urbanizada que se extiende en solución de continuidad a lo largo de varias circunscripciones administrativas; normalmente comprende una ciudad central y pueblos o ciudad satélite a los que ésta ha absorbido en su crecimiento.

ALFABETA: Población de 15 y más años que sabe leer y escribir un recado.

ANALFABETA: Población de 15 y más años que no sabe leer ni escribir un recado.

ANÁLISIS URBANO: Conjunto de actividades ordenadas sistemáticamente que tienen por objeto conocer el funcionamiento de la estructura urbana, tanto en lo relativo a los aspectos físicos como a los económicos y sociales. Este análisis procura, sucesiva e interactivamente, obtener explicaciones del fenómeno urbano de tipo global, sectorial y territorial.

ÁREA DE EXPULSIÓN POBLACIONAL: Extensión territorial integrada por localidades de uno o varios municipios o estados, que por sus condiciones socioeconómicas no ofrecen condiciones favorables para retener a su población.

ÁREA GEOESTADÍSTICA BÁSICA RURAL: Extensión territorial que corresponde a la subdivisión de las áreas Geoestadísticas Municipales, donde se ubican la parte rural, cuya extensión territorial en promedio es de 11,000 hectáreas y se caracteriza por el uso del suelo de tipo agropecuario o forestal, contiene localidades rurales y

¹Organizado a partir de *Glosario de Términos de Desarrollo Urbano SEDESOL (Glosario2000sedesol.pdf)*, *Metodología y términos INEGI (WWW.inegi.gob.mx)*. Consejo Nacional de Población (www.conapo.gob.mx). *Diccionario de Sociología (Herder)*. Tomado de la base, acervo bibliográfico, estadístico y documental de datos organizado y sistematizado durante el 2do Taller de Análisis del Funcionamiento de la Región Megalopolitana del Centro del País, 2007-2008. Actualizado a diciembre de 2010. Pachuca, Hgo.

extensiones naturales y culturales, cabe señalar que existen AGEB rurales sin localidades.

ÁREA GEOESTADÍSTICA BÁSICA URBANA: Extensión territorial ocupada por un conjunto de manzanas que generalmente son de 1 a 50 delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo fácil de identificar en el terreno y cuyo suelo sea principalmente habitacional, industrial, de servicios y comercial, solo se asignan al interior de las localidades urbanas.

CENTRO DE LA CIUDAD: Núcleo principal de atracción dentro del área urbana, generalmente caracterizado por ser el centro histórico y por la presencia de instituciones de gobierno, de administración, de servicios públicos, así como por localizarse en él actividades comerciales, financieras, sociales y culturales de primera importancia o altamente especializadas.

CENTRO URBANO: Núcleo principal de atracción dentro del área urbana, caracterizado por la presencia de las instituciones de gobierno, de la administración y los servicios públicos.

CIUDAD: Es un sistema dinámico de mercados interrelacionados e interdependientes, que se caracteriza por la gran densidad y especialización de los agentes económicos, y por ciertas condiciones institucionales que influyen sobre el proceso de decisiones de los distintos gobiernos, cada uno de los cuales posee autoridad y una competencia limitada. Una Población mayor de 3,000 habitantes.

Espacio geográfico transformado por el hombre mediante la realización de un conjunto de construcciones con carácter de continuidad y contigüidad. Espacio ocupado por una población relativamente grande, permanente y socialmente heterogénea, en el que se dan funciones de residencia, gobierno transformación e intercambio, con un grado de equipamiento de servicios, que asegura las condiciones de la vida humana. La ciudad es el lugar geográfico donde se manifiestan, en forma concentrada, las realidades sociales, económicas, políticas y demográficas de un territorio.

CIUDAD GLOBAL Y/O MUNDIAL: Define a las ciudades que cumplen con una serie de características nacidas debido al efecto de la globalización y al constante crecimiento de la urbanización.

COEFICIENTE DE GINI: Es una medida de la desigualdad. Normalmente se utiliza para medir la desigualdad en los ingresos, pero puede utilizarse para medir cualquier forma de distribución desigual.

CONURBACION: Se define como el proceso y el resultado del crecimiento de varias ciudades (donde una o varias de ellas pueden encabezar al grupo), las cuales se integran para formar un solo sistema que suele estar jerarquizado. Si bien las distintas unidades que lo componen pueden mantener su independencia funcional y dinámica.

CRECIMIENTO: Se define como crecimiento al aumento irreversible de tamaño en un organismo, como consecuencia de la proliferación celular, misma que conduce al desarrollo de estructuras más especializadas del organismo, comenzando por las propias células y, pasando por tejidos, hasta llegar a órganos y sistemas. Estas estructuras, más desarrolladas, se hacen cargo de realizar el trabajo biológico más importante.

CRECIMIENTO URBANO: Expansión geográfica-espacial y/o demográfica de la ciudad, ya sea por extensión física territorial del tejido urbano, por incremento en las densidades de construcción y población, o como generalmente sucede, por ambos aspectos. Esta expansión puede darse en forma espontánea o en forma planificada. No implica cambios cualitativos; únicamente, cuantitativos.

DENSIDAD DE POBLACIÓN: Indica el número de personas o habitantes que constituyen la población en una zona por unidad de superficie territorial de dicha zona.

DESCONCENTRACIÓN: Es una técnica administrativa que consiste en el traspaso de la titularidad y el ejercicio de una competencia que las normas le atribuyan como propia a un órgano administrativo en otro órgano de la misma administración pública jerárquicamente dependiente.

EMIGRACIÓN: Consiste en dejar el propio país o la propia región para establecerse en otro sitio.

EMIGRANTE: Persona que sale de una unidad geográfica determinada (municipio o delegación, entidad federativa o país) para establecer su residencia habitual en otra.

ESPACIO: Es un conjunto de aspectos descriptivos, objetos, o entidades los cuales tiene relaciones abstractas de adyacencia, que pueden ser interpretadas en términos geométricos. Según la disciplina científica o contexto en el que aparezca la palabra se puede concretar más su significado.

ESTRUCTURA ECONÓMICA: Es un todo en el que sus elementos se encuentran distribuidos según la organización de conjunto que se determina la función que desempeñan cada uno dentro de su totalidad conformada por la fuerza productiva y las relaciones sociales de producción.

FUNCIONALIDAD: Posesión de un rango de primacía de forma dominante al resto de los sistemas regionales. Dominio basado en una economía no productiva, si no sustentada en el desarrollo de las altas finanzas. La funcionalidad definirá a las ciudades globales por las actividades de mayor innovación y productividad: industrias tecnológicas, servicios financieros, servicios a empresas, nudos de transportes y comunicaciones, etc.

HOGAR: Se usa para designar el lugar donde una persona vive, donde siente seguridad y calma.

Unidad formada por una o más personas, unidas o no por lazos de parentesco, que residen habitualmente en la misma vivienda y se sostienen de un gasto común para la alimentación.

ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH): Es una medición por país, elaborada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Se basa en un indicador social estadístico compuesto por tres parámetros: Vida larga y saludable (medida según la esperanza de vida al nacer). Educación (medida por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta combinada de matriculación en educación primaria, secundaria y superior, así como los años de duración de la educación obligatoria). Nivel de vida digno (medido por el PIB per cápita PPA en dólares).

ÍNDICE DE MARGINACION: Es una medida que permite diferenciar entidades federativas y municipios según el impacto global de las carencias que padece la población.

INMIGRACION: Es la entrada a un país de personas que nacieron o proceden de otro lugar.

INMIGRANTE: Persona que ingresa a una unidad geográfica determinada (municipio o delegación, entidad o país) para radicar en ella.

INTENSIDAD BAJA: Presentan un patrón concéntrico y se reflejan en los movimientos vehiculares para trasladarse a otras ciudades de mayor importancia como los lugares de 1er y 2do rango.

INTENSIDAD MEDIA: Se da entre los lugares de segundo y tercer rango, así como con las zonas metropolitanas que se encuentran fuera de la meso región centro (Trabajo, comercio y abasto al menudeo, intercambio de autopartes y abasto al menudeo).

MARGINACIÓN: Es una situación social de desventaja económica, profesional, política o de estatus social, producida por la dificultad que una persona o grupo tiene para integrarse a algunos de los sistemas de funcionamiento social (integración social).

MEGACIUDAD: Es una área metropolitana con más de 10 millones de habitantes. Algunas definiciones requieren también que tenga una densidad demográfica mínima de 2.000 personas/km²). Puede estar conformada de una, dos o más áreas metropolitana que se han unido físicamente. El término megaciudad también se utiliza a veces para referirse a un área urbana con más de 20 millones de habitantes.

MEGALÓPOLIS: Conjunto de áreas metropolitanas, cuyo crecimiento urbano acelerado lleva al contacto del área de influencia de una con las otras. Las megalópolis suelen estar formadas por conurbaciones de grandes ciudades. Palabra griega que significa "gran ciudad". Es la gran área urbanizada resultante de la fusión gradual de varias metrópolis y ciudades conformando una gran aglomeración urbana. Se carac-

teriza por un enorme crecimiento urbano, suburbano y metropolitano, produciendo una cinta casi continua de ciudades

MEGALÓPOLIS DEL CENTRO: Es el resultado de la interacción de varias zonas metropolitanas y aglomeraciones urbanas en la región centro del país (PNDUOT, 2001-2006).

METRÓPOLI: Ciudad principal, predominante o hegemónica de un país, estado o región, con relación al territorio que ejerce su influencia, y de cual depende en diversos aspectos para su existencia y crecimiento (SAHOP).

La ciudad predominante en un sistema urbano que ejerce determinada influencia en el desarrollo económico, social y político de una región, estado o país (PNDUOT; 2001-2006)

METRÓPOLIS: Son aglomeraciones urbanas complejas conformadas por distintas unidades territoriales (Rodríguez y Oviedo, 2001), que sobrepasan frecuentemente los límites administrativos necesitan una coordinación para su funcionamiento. Estas ciudades deben responder al reto de la competitividad.

METRÓPOLIS MUNDIALES: Se designan como tales a las grandes concentraciones urbanas.

MIGRACIÓN O MOVIMIENTO MIGRATORIO: Se denomina así al desplazamiento de individuos con traslado de residencia desde el lugar de origen o lugar de salida al lugar de destino o lugar de entrada.

Las migraciones externas también llamadas migraciones internacionales se producen cuando los territorios de origen y destino corresponden a países distintos. La migración se llama inmigración o emigración según sea el destino o el lugar de origen el que se considere al estudiar el movimiento migratorio. Si el lugar de origen y el lugar de destino se hallan situados ambos en el interior de un mismo territorio, el movimiento migratorio se llama entonces migración interna. El saldo migratorio representa la diferencia entre el número de entradas y el de salidas. Este saldo se denomina inmigración neta cuando el número de entradas es superior al de salidas, y emigración neta en el caso contrario.

MORFOLOGÍA: Supone una ruptura con el concepto de aglomeración urbana basada en la continuidad de edificación. Ahora se habla de fragmentación física de la ciudad. El centro ha perdido sus atributos de centralidad y ha evolucionado con tendencia a transformarse en otro sector cualquiera de la ciudad.

MUNICIPIO: Es considerado como la unidad menor de la división política administrativa del país. Los municipios integran los 31 estados del país y su número es diferente en cada uno de ellos.

MUNICIPIOS CENTRALES: Municipios donde se localizan la ciudad principal que da origen a la Zona Metropolitana.

MUNICIPIOS EXTERIORES: Definidos con base en criterios estadísticos y geográficos. Contiguos a los anteriores, cuyas localidades no están conurbadas a la ciudad principal, pero manifiestan un carácter urbano y alto grado de integración funcional con los municipios centrales.

ORGANIZACIÓN SOCIAL O INSTITUCION SOCIAL: Es un grupo de posiciones sociales conectadas por relaciones sociales que forman un rol social.

PIB PER CAPITA: Es la relación que hay entre el PIB (producto interno bruto) de un país y su cantidad de habitantes.

PIRÁMIDE DE EDAD: Constituye un medio de representación gráfica que permite estudiar la estructura por edad de una población y revela bastante información sobre los patrones históricos de natalidad y mortalidad de varias generaciones.

POBLACIÓN: Es el conjunto de personas que viven dentro de un territorio geográfica y políticamente limitable, en un momento dado.

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA): Se define como aquella parte de la población que proporciona la mano de obra para la producción de bienes y servicios de índole económica o social; incluye a los empleadores, las personas que trabajan por cuenta propia, los trabajadores familiares no remunerados y los asalariados, así como los desocupados que declaran tener un oficio o profesión.

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA: Se considera como desocupados a las personas que en la semana anterior al censo no realizaron ningún trabajo a cambio de remuneración, no tenían un empleo o trabajo del cual estuvieran temporalmente ausentes, ni tampoco ayudaron en un negocio familiar sin remuneración, pero buscaron trabajo y realizaron durante esa semana alguna actividad para encontrarlo, como consultar amigos, parientes, hacer solicitudes de empleo, inscribirse en agencias de colocación, recurrir a sindicatos, etcétera.

POBLACIÓN ECONOMICAMENTE INACTIVA: Son las personas de 12 años y más que en la semana anterior al censo (u otro periodo determinado) no estaban incluidas en el rango de ocupados o desocupados según la clasificación señalada en el término, es decir que no realizaron alguna actividad considerada como económica.

POBLACIÓN RURAL: Es aquella que cuenta con menos de 2 500 habitantes.

POBLACIÓN URBANA: Es aquella donde viven más de 2 500 personas.

POBREZA: Es la ausencia de las capacidades básicas, la carencia de una base social que permite a cualquier individuo insertarse a la sociedad a través del ejercicio de su voluntad y de su capacidad para generar ingreso, para así tomar decisiones relevantes. Las capacidades básicas son cualidades o características específicas que tiene o no el individuo (nutrición, salud, educación y vivienda).

POBREZA EXTREMA: Se dice que existe pobreza extrema cuando los ingresos totales del hogar no son suficientes para atender las necesidades de alimentación del grupo familiar.

PROCESO DE URBANIZACIÓN: Es la existencia y desarrollo de un espacio significado, convertido en un contenedor espacial de un determinado número de población urbana con una serie de actividades que la definen como totalidad social, y este contenedor espacial se ubica en un emplazamiento geográfico, transformándolo en hábitat urbano por una serie de características tempo espaciales exigidas por la complejidad que se presentan en las actividades humanas.

PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB): Es el valor monetario total de la producción corriente de bienes y servicios de un país durante un período (normalmente es un trimestre o un año).

REGIÓN: Es una división espacial de un Estado o de un área distinta, determinada por caracteres étnicos, demográficos, históricos, culturales, económicos o circunstancias especiales de clima, topografía, administración, gobierno, etc.

SALARIO MÍNIMO: Es el mínimo establecido legalmente, para cada periodo laboral (hora, día o mes), que los empleadores deben pagar a sus trabajadores por sus labores.

SECTOR PRIMARIO O AGRARIO: Está formado por las actividades económicas relacionadas con la transformación de los recursos naturales en productos primarios. Las principales actividades del sector primario son la agricultura, la minería, la ganadería, la silvicultura, la apicultura, la acuicultura, la caza y la pesca.

SECTOR SECUNDARIO: Es el conjunto de actividades que implican transformación de alimentos y materias primas a través de los más variados procesos productivos. Comprende todas las actividades económicas de un país relacionadas con la transformación de industrial de alimentos y otros tipos de bienes o mercancías.

SECTOR TERCIARIO: Es el sector económico que engloba de todas aquellas actividades económicas que no producen bienes materiales de forma directa, sino servicios que se ofrecen para satisfacer las necesidades de la población.

SISTEMA URBANO O SISTEMA DE CIUDADES: Una totalidad compleja, formada por dos grandes dimensiones integradas, interrelacionadas e independientes.

El sistema de ciudades no es un agregado simple de ciudades, sino la combinación compleja y funcional de lugares centrales y áreas de influencia (CONAPO, 1991).

SOCIOECONÓMICO: Que incumbe a la sociedad y su economía.

INTRODUCCIÓN

La metodología para la construcción de la Agenda de intervención para incidir en la mitigación y adaptación del Cambio Climático para mejorar la calidad del aire y la salud en tres Zonas Metropolitanas del estado de Hidalgo, se basa en los elementos principales señalados por el IPCC. En este caso a partir de los informes emitidos como orientación para el diseño propio de una Agenda de intervención para la mitigación y adaptación ante los efectos del CC. Desde un principio se tiene contemplado la integración del sistema jurídico nacional, y su armonía con otros mecanismos institucionales. La base de la construcción de esta agenda es el diseño de una plataforma que integre diversos sistemas de indicadores e información geográfica, para la toma de decisiones y la planeación de acciones, planes y programas que incidan sobre las emisiones y contribuyan a la adaptación de las poblaciones a los eventos del CC. Estas poblaciones y sus sistemas deberán de ser definidas en su vulnerabilidad para definir las formas de asegurar su resiliencia. Esta plataforma y sus sistemas, aseguran el diseño de las políticas públicas a nivel local en forma flexible, bajo sus propios recursos y la participación de los actores en escenarios de mayor incidencia, con acciones de adaptación focalizadas, y con estrategias definidas por las autoridades en coordinación participativa de los demás actores que influyen para la disminución del riesgo y la vulnerabilidad, pero a su vez, enlazadas al mejoramiento de la calidad del aire. Esta misma metodología se verá fortalecida mediante la utilización de grandes herramientas tecnológicas, que van evaluar en forma continua, creación de información en tiempo real, integración y diseño de información geográfica y bases de datos, así como enlazados a nuevos mecanismos de transferencia de la información y el monitor.

PRIMER MODELO-LA MITIGACIÓN

La estrategia de Mitigación parte de la selección de GEI y su distribución a nivel municipal; según el modelo desarrollado y con base a sus fuentes de emisión, se deben elaborar los planes municipales, donde acorde a sus características geoespaciales deben enfocar sus esfuerzos de mitigación desarrollando e implementando los elementos que mejor se adapten a

sus características, así como focalizado la fuente y el recurso (CEPAL, 2009: 11-97). Cada fuente, municipio y GEI, queda claramente determinado y focalizado en cuanto a su aporte y volúmenes de gas. El cual al aplicar el modelo se logra identificar las áreas más importantes de aporte, sus fuentes, los costos y con ello el propio Plan de Acciones. Es decir, solo se debe intervenir en aquellas fuentes de gran aporte de GEI. Al integrarse el plan de mitigación a diez años con un porcentaje de 30% según las convenciones internacionales. En este sentido, el modelo de la estrategia de mitigación estará integrado bajo el Sistema de Información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH. Bajo esta ruta diseñada, se construyeron las bases de datos, se estandarizaron y se diseñó un sistema de ecuaciones que fueron programadas en un simulador para la obtención de resultados, bajo los supuestos La estrategia de mitigación para el Estado de Hidalgo se debe apoyar a su vez en 84 planes de mitigación a nivel municipal. De estos los que más destacan son aquellos que aportan la mayor cantidad de CO₂, el cual es el GEI más importante para Hidalgo, ya que aporta Emisiones netas en el Estado por Categoría (Gg eq de CO₂) con un total de 24,225.42 Gg. Siendo el total para Hidalgo de 32,194.62Gg, por lo tanto, ocupa el 75.24% del aporte estatal (PEACCH, 2013-2016). A su vez, la fuente que determina este aporte son el Combustible Quemado en la industria generadora de electricidad (7,342.58 CO₂ eq.), la Producción de Cemento (como procesos industriales, con 3,710.84 CO₂ eq.), Combustibles Quemados en la Industria Química (2,708.970 CO₂ eq.) y el sector de Móviles, en su fuente de Transporte Terrestre (2,671.46 CO₂ eq.), ya que aporta el 59.77%. Aunque a nivel municipal las distribuciones de los aportes son muy dispersos, es decir, quedan concentrados principalmente en aquellas grandes ciudades que tienen desarrollos de la industria, a la vez que cuentan con grandes cantidades de vehículos y transporte diverso (IPECC, 2007: 1-22). Aunque en el caso de las industrias este aporte de CO₂, se concentra en la Zona Metropolitana de Tula, al contar con todas esas actividades. Para el caso de los móviles, estos se concentran en la mayor parte de las ciudades, principalmente Pachuca, Tulancingo, Tula, Tepeji de Río, Huichapan, Ixmiquilpan, Huejutla, Tizayuca, Actopan, Tepeapulco, Mineral de la Reforma, Mixquiahuala, San Agustín Tlaxiaca, Francisco I. Madero, Cuautepec, Atotonilco de Tula, Atotonilco el Grande, ya que se concentran en el tercer y cuarto cuartil del modelo. (López, 2015: 1-15).

SEGUNDO MODELO-ADAPTACIÓN

Por su parte, el Plan de Adaptación está conformado por categorías básicas como la energía, el comportamiento agrícola, la situación de la ganadería, el agua en su relación con el consumo humano, las acciones sobre el sector económico del turismo, la salud pública sobre la población, los impactos y presión sobre transporte e industria, así como las relaciones que se establecen en los diversos sistemas de asentamientos humanos (FM-EUC, 2016: 3-94). Estos temas han sido abordados de la misma forma que en el apartado de Mitigación, y al desarrollar los múltiples escenarios de incidencia de los GEI, implica a su vez mencionar cuales son los municipios de mayor aporte y sus diversas condiciones económicas, políticas y sociales. Agregando los elementos principales de eventos climáticos en las diversas regiones, su población y las formas de afectación, para con ello poder definir tres sistemas fundamentales, los cuales conforman el territorio del Estado de Hidalgo, permitiendo así, diseñar un Indicador de Riesgo, el cual podrá definir todos aquellos espacios sociales y económicos en relación de la composición de afectación ante el CC. Lo anterior define la relación básica que se establecerá entre los diversos cambios provocados a través del tiempo sobre determinadas zonas y en temas de cambio climático (temperatura, lluvia) y su impacto sobre las poblaciones humanas que están actuando directamente en dichas zonas. En este caso se debe saber que ante cualquier cambio del clima se tendrá un impacto directo sobre esos asentamientos humanos. Dicho impacto estará en relación de las propias capacidades de los grupos humanos en afectación, implicando una relación directa con las posibilidades de adaptación, y según su propia composición de vulnerabilidad y riesgo. Es decir; los grupos humanos están en condiciones de vulnerabilidad y riesgo cuando se desbordan aquellas variables que mantenían bajo control, como es el caso de la siembra, la construcción, asentamientos, infraestructura, alimentación, enfermedades, abasto de agua limpia y sus sistemas productivos.

Para conocer los escenarios de riesgo se debe contemplar la vulnerabilidad y la adaptación en relación del tipo de indicadores que resuelvan adecuadamente el modelo conceptualizado. Así, la adaptación en un conjunto de medidas asociadas o dirigidas a promover cambios, ajustes e innovación de nuevas metodologías y conocimientos que mantienen una relación con el individuo, sus formas de vida, sistemas de producción, modelos de organización social y configuración de sistemas. La vulnerabilidad estará definida por las variables que actúan sobre el mejoramiento de las condiciones desfavorables en individuos, contextos, sectores y sistemas

de organización social, los cuales han de integrarse en un solo modelo de análisis que nos permitirá definir los diversos niveles de riesgo (Magaña,2012: 9-18).

Esto nos debe de llevar a plantear el riesgo como el elemento principal de indicadores que den cuenta de los tres sistemas fundamentales de las comunidades humanas en el Estado de Hidalgo, así como conocer la relación entre estos tres sistemas y sus distancias o brechas de desventaja, o en su caso la condición de vulnerabilidad de cada uno de ellos. A su vez, se deben integrar las condiciones actuales e históricas de los diversos eventos climáticos que han estado incidiendo en la misma población, la cual debe ser definida con claridad en sus aspectos de vida económica y organización social.

Para lo anterior, se partió del enfoque del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de que la adaptabilidad es el ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados, o sus impactos, que reduce el daño causado y que potencia las oportunidades benéficas, pero que a su vez, debe estar en relación de la resiliencia de los sistemas, es decir; las acciones para desarrollar la adaptabilidad deben ser medidas que aseguren el fortalecimiento de los diversos sistemas humanos, que se deriven en fortalecer la resiliencia de las personas y a no empeorar inadvertidamente su vulnerabilidad. (IPECC, 2007: 1-22)

De esta forma hemos configurado la adaptabilidad a través de un indicador de riesgo, el cual a su vez nos ofrezca la composición de los sistemas S1, S2, S3 (véase figura 4) y en la cual cada sistema defina sus variables para tener claro los escenarios de Resiliencia, es decir; debemos integrar el Indicador de Riesgo para finalmente definir las acciones de intervención para fortalecer esas variables, territorios, municipios, regiones, sectores y población. Ese fortalecimiento es la focalización de la Resiliencia, la cual a su vez definirá la estrategia de Adaptabilidad ante el cambio climático en el Estado de Hidalgo. La conformación de esos tres sistemas, dan la posibilidad de conformar un modelo de Riesgo, mismo que se puede apreciar en la gráfica 5, donde se distribuye el grado de vulnerabilidad de cada uno de los 84 municipios en una clasificación de moderada, alta y muy alta. La configuración de los sistemas S1, S2 y S3, permite a su vez identificar las distancias entre los Sistemas, nos muestra las debilidades de cada uno de los municipios y su localización directa sobre cuál es la variable de mayor precariedad. Por lo cual, se puede saber en qué municipio, región o zona, existen una fuerte cantidad de eventos climáticos y cómo afecta a la infraestructura, la salud, educación, vivienda,

comercio y medios de comunicación. Así como los escenarios que se pueden enfrentar a través de sus propios medios, los cuales dependerán de los apoyos del gobierno o agentes externos, de esta forma se ubicará en dónde se debe intervenir para hacer resilientes esos sistemas. Índice de Riesgo nos señala a nivel municipal cuál es la composición de los tres sistemas analizados. La grafica 6 nos define los diversos escenarios en el Estado de Hidalgo y las brechas de los Sistemas. Por lo tanto, se sabe con exactitud los campos de la resiliencia, sectores y sistemas de priorización. A través de este modelo se puede localizar que regiones y zonas o municipios son las que requieren las primeras intervenciones de fortalecimiento.

**Pachuca, Hgo., 2023.
Sócrates López Pérez
Profesores Investigadores
UAEH-ICSHu.**

ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE HIDALGO, UN MODELO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA AGENDA NACIONAL AMBIENTAL

Una de las preocupaciones más importantes para la humanidad en este momento es, sin duda, el cambio climático. A partir de primera Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII, dio inicio una de las etapas de desarrollo más importantes en la historia de las comunidades humanas, y en la cual se encadenaron las revoluciones del pensamiento científico y las ideas políticas para la construcción de nuevas formas de convivencia y organización social. Con la integración de los Estado-Nación, se logró configurar la economía moderna, el derecho positivo, la construcción y diseño de las instituciones actuales, la homogeneización de las poblaciones en la definición territorial y los nuevos procesos de globalización. A su vez en este momento, se dio inicio a la explotación de las fuentes carboníferas como un recurso generador de la energía principal que movería esta gran revolución. Más adelante, con el desarrollo de la industria química, metalmecánica y de los motores de combustión interna, se logró obtener energía mediante los hidrocarburos o fuentes fósiles, las cuales han dominado desde principios del siglo XX, y han tenido una aplicación amplia en múltiples campos de la economía. Como es el caso del transporte en todas sus formas, maquinaria y equipo industrial, producción de cemento, refinerías, en las termoeléctricas, industria química en general, metalurgia, automotriz, ganadería y agricultura, principalmente.

Estas revoluciones industriales aceleraron la producción de bienes, desarrollaron la manufactura y la tecnología, y generó nuevas dinámicas económicas mundiales, a la vez transformaron la composición del medio ambiente, alteraron la estructura atmosférica, e impactaron sobre los recursos naturales. La transformación de los combustibles fósiles en energía, a su vez, generan enormes volúmenes de gases, entre ellos el Dióxido de Carbono (CO₂), que al integrarse a la atmosfera genera nuevos fenómenos climático, entre ellos el cambio climático. En este caso, diversos estudios han demostrado que el CO₂, es un regulador natural del clima que, al incrementarse, derivado de fuentes antropogénicas, están provocando un incremento en la temperatura de la tierra. Además de este tipo de gas, encontramos que otros procesos están generando Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O) y Óxido Nítrico (NO_x); vapor de agua (H₂O), Ozono (O₃), y otros antropogénicos como Hexafluoruro de Azufre (SF₆), hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Esta composición de gases, el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC) los han denominado Gases Efecto Invernadero (GEI), causantes del efecto invernadero y por lo tanto del incremento de la temperatura.

El IPCC, fue creado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la ONU Medio Ambiente, con la idea de diseñar un plan de intervención para incidir sobre la mitigación del Cambio Climático (CC). Este panel, con base a estudios científicos, ha definido la situación actual como:

- 1.- La emisión y concentración de GEI en la atmósfera terrestre, está vinculado directamente con el comportamiento de la temperatura media mundial de la Tierra;
- 2.- Mediante diversos modelos de simulación y grandes bases de datos de observatorios climáticos locales, se ha demostrado que la concentración de GEI, se ha incrementado progresivamente desde la Revolución Industrial y, con ella, la temperatura del planeta.
- 3.- El dióxido de carbono (CO₂) es el gas más abundante, pues forma dos tercios de los tipos de GEI, resultado del uso de combustibles fósiles.

El IPCC, en el quinto informe de evaluación calculó la emisión de CO₂ desde el periodo preindustrial hasta el año 2011, generando cambios en el nivel medio anual del mar en cerca de 19 cm, un incremento en la temperatura media mundial de 0.85°C, y la extensión del hielo marino en el Ártico ha disminuido, con una reducción de 1.07×10^6 km² de hielo por década, siendo el CC cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la variabilidad natural o

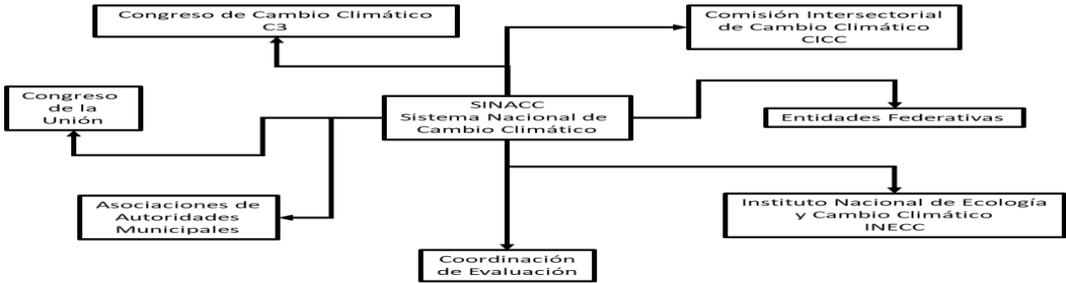
como resultado de actividades humanas. El cual, a su vez, la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), estableció al CC como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial, e inciden los cambios naturales del clima, bajo datos en periodos de tiempo comparables.

Bajo este panorama, la CMCC en el año 1992, con la Cumbre de la Tierra, como un paso importante, creó el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Actualmente, México ha ratificado la Convención, junto a 197 países, lo cual lo obliga a intervenir con acciones, recursos, planes, tecnología, políticas públicas y diseño de leyes, reglamentos e instituciones que mitiguen la emisión de GEI e incida sobre el incremento de la temperatura en los próximos años, a través de acciones, programas y aplicación de la ley, bajo sus propias responsabilidades.

SISTEMA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Una vez tomado estos acuerdos internacionales, se debe diseñar una Política Nacional de Cambio Climático (PNCC), la cual se elaboró el Sistema Nacional de Cambio Climático (SNCC), el cual opera bajo una Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC, Visión 10-20-40), y que a su vez está compuesta por el Programa Especial de Cambio Climático (PECC, 2014-2018), y los programas estatales; que para el caso de Hidalgo parte de la Ley de Mitigación ante los efectos del Cambio Climático para el Estado de Hidalgo (última reforma en julio de 2017), de donde se genera el instrumento rector de la política estatal en el mediano plazo para enfrentar los efectos del cambio climático, denominado Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACCH), siendo la Estrategia Estatal de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático de Hidalgo (EEMACCH) el instrumento que le dará operatividad (DOE,2013:1-29).

ESQUEMA 1 Sistema Nacional de Cambio Climático-Instituciones

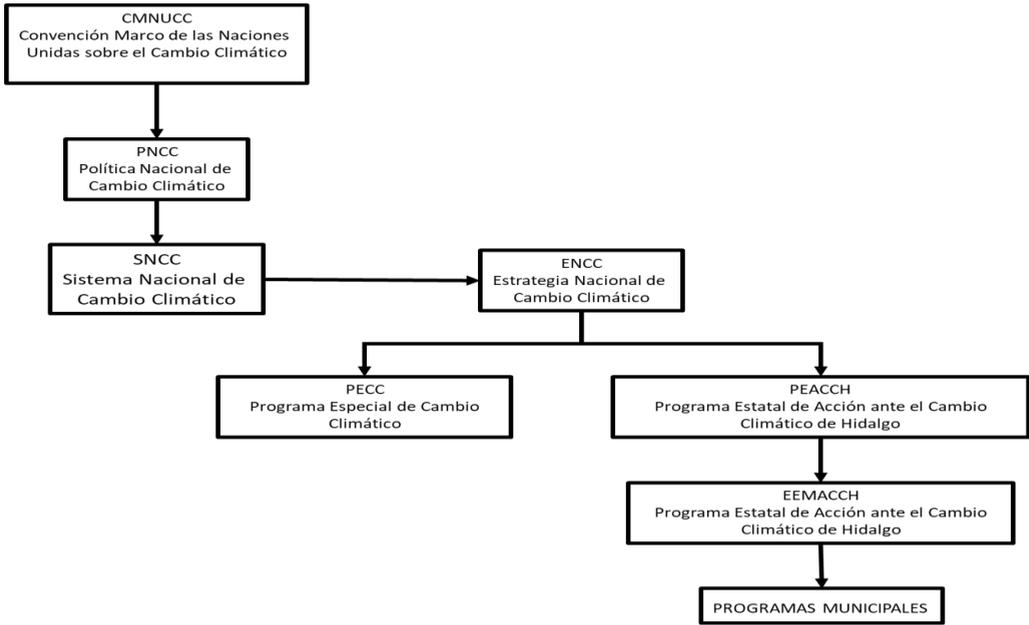


FUENTE: elaboración propia con base a Ley de mitigación y adaptación ante los efectos del Cambio Climático, PEACCH, EEMACC. México, 2023.

LEY Y SISTEMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO EN HIDALGO

El Sistema Estatal de Cambio Climático para Hidalgo, se tuvo que sustentar en la legislación nacional. De igual forma se diseñó la planeación de la política estatal de cambio climático, que está sustentada en la creación de la Ley de Mitigación y Adaptación ante los efectos del cambio climático para el Estado de Hidalgo, la cual establece tres niveles de acción: el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático en Hidalgo, la Estrategia Estatal de Cambio Climático en Hidalgo, los 84 Programas Municipales, Instrumentos de Gestión, el Sistema de Información Estatal sobre el Cambio Climático, Registro de Emisiones, Inventario, así como los diversos instrumentos económicos, de evaluación, participación social y Normas Técnicas (PEACCH, 2013: 99-127).

ESQUEMA 2 Sistema Nacional de Cambio Climático-Sistema jurídico



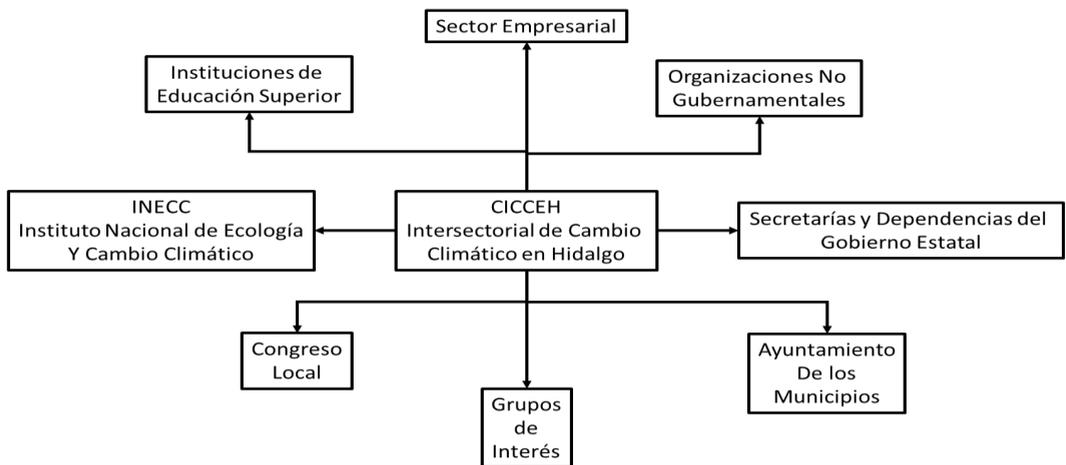
FUENTE: elaboración propia con base a Ley de mitigación y adaptación ante los efectos del Cambio Climático, PEACCH, EEMACC. México, 2023.

El primero es el instrumento rector de la política ante el cambio climático en la entidad, y los programas y estrategia conjunta los esfuerzos internacionales en un documento que fincó las bases de un marco metodológico para inventariar los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el estado de Hidalgo, esto con la asesoría del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (INE, 2002: XXXV-LII).

1. Consumo y producción de energía.

2. Industria de la manufactura y la transformación.
3. Industria del comercio y los servicios.
4. Transporte terrestre y aéreo.
5. Agricultura, ganadería, vegetación y uso del suelo (ecosistemas y agricultura).
6. Desechos.

ESQUEMA 3 Sistema Nacional de Cambio Climático-integración CICCEH.



FUENTE: elaboración propia con base a Ley de mitigación y adaptación ante los efectos del Cambio Climático, PEACCH, EEMACC. México, 2023.

LINEA BASE DE CARGAS GEI EN HIDALGO Y PEACCH

Para la construcción del Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo (PEACCH, se tuvo que diseñar un modelo propio de evaluación para el cálculo de la Línea Base (LB). Esta a su vez es el punto de partida para la construcción de la política pública sobre cambio climático, ya que, para armonizar el Sistema Nacional de Cambio Climático con el diseño del Sistema Estatal, se deben considerar el total de GEI, que aporta el estado de Hidalgo. En este caso se debe sustentar con base a la metodología del IPCC, el cual básicamente es la estandarización de emisiones por cada fuente antropogénica. Dada la complejidad de ele-

mentos integrantes en este aporte, se optó por el diseño de un modelo matemático-estadístico (**MODELO-ANEXO-1**), con el cual pudimos definir la fuente, sector, volúmenes de aporte, tipo de GEI, el municipio, la región y su ubicación geolocalizada. Este primer resultado nos definió la LB, a través del Índice de Impacto Ambiental (IIA) (PEACCH, 2013:99-127).

ESQUEMA 4 Modelo de Sistema de Información de Impacto Ambiental (SIIA).

Índice de Impacto Ambiental (IIA)	Índice de Carbono (IC _{CO2})		
	Índice de Metano (ICH ₄)	0.0 < IIA < 25.0	Bajo Impacto Ambiental
	Índice de Óxido Nitroso (IN ₂ O)	25.1 < IIA < 50.0	Moderado Impacto Ambiental
	Índice de Hidrofluorocarbonos (IHFC)	50.1 < IIA < 75.0	Alto Impacto Ambiental
	Índice de Perfluorocarbonos (IPFC)	75.1 < IIA < 100	Muy Alto Impacto Ambiental
	Índice de Hexafluoruro de Azufre (ISF ₆)		

FUENTE. Elaboración propia, con base al IPCC y el diseño del modelo SIIA. México, 2023.

Los que más destacan son aquellas fuentes que aportan la mayor cantidad de CO₂, el cual es el GEI más importante para Hidalgo, ya que aporta emisiones netas en el estado por categoría (Gg de CO₂ eq.) con un total de 24,225.42 Gg anuales. Siendo el total para Hidalgo de 32,194.62Gg anuales, por lo tanto, ocupa el 75.24% del aporte estatal (PEACCH, 2013-2016). A su vez, la fuente que determina este aporte son el Combustible Quemado en la industria generadora de electricidad (7,342.58; CO₂ eq.), la Producción de Cemento (como procesos industriales, con 3,710.84 CO₂ eq.), Combustibles Quemados en la Industria Química (2,708.970 CO₂ eq.) y el sector de Móviles, en su fuente de Transporte Terrestre (2,671.46 CO₂ eq.), ya que aporta el 59.77%. Aunque a nivel municipal las distribuciones de los aportes son muy dispersos, es decir, quedan concentrados principalmente en aquellas grandes ciudades y Zonas Metropolitanas (Pachuca, Tulancingo y Tula) que tienen desarrollos de la industria (termoeléctrica, refinería, cementeras, industria química y riego mediante aguas residuales), a la vez que cuentan con grandes cantidades de vehículos y transporte diverso, grandes volúme-

nes de aguas residuales, residuos sólidos y ganadería intensiva (CEPAL, 2009:11-97). (**TABLA-ANEXO-2**).

De esta primera lectura de medición, fue elaborada para el diseño de este Plan, sin embargo, no se contemplaron diversas unidades económicas de emisión, así como no se diseñó un modelo propio y los cálculos se elaboraron a partir de evaluaciones previas elaborada por la UNAM en el año 1993 y solo en la región de Tula, publicada por el Instituto Estatal de Ecología de Hidalgo. Por lo cual se tuvo que rediseñar la LB a partir de nuestro nuevo modelo de IIA.

METODOLOGÍA Y MODELO PARA MEDICIÓN DE EMISIONES GEI EN HIDALGO

El catálogo de acciones para la mitigación de los GEI está formado por acciones transversales para cada sector --energía, procesos industriales, desechos, transporte, forestal, agropecuario-- que emite GEI en el Estado de Hidalgo, por lo que se encuentran relacionados con la fuente y según la cantidad de volumen que genera cada una de ellas. Es decir, se estableció una relación entre la acción con el gas y la fuente para hacer una incidencia directa. En aquellos municipios o regiones que no contengan alguna fuente, es claro que no se deberá de invertir recursos ni desarrollar acciones que no tengan algún tipo de impacto o incidencia.

ESQUEMA 5 Modelo de Sistema de Información de Impacto Ambiental (SIIA)-EEMyACCH.



FUENTE. Elaboración propia, con base a ruta crítica y el diseño del modelo SIIA. México, 2023

La estrategia de Mitigación parte de la selección de GEI y su distribución a nivel municipal; según el modelo desarrollado y con base a sus fuentes de emisión, se deben elaborar los planes municipales, donde acorde a sus características geospaciales deben enfocar sus esfuerzos de mitigación desarrollando e implementando los elementos que mejor se adaptan a sus características, así como focalizado la fuente y el recurso (CEPAL, 2009: 11-97).

ESQUEMA 6 Modelo integral de medición de GEI para el diseño del Sistema de Información de impacto Ambiental (SIIA)-EEMyACCH.

FUENTES

Emisiones GEI netas del Estado de Hidalgo por Categoría (Gg eq de CO₂).

Estado de Hidalgo GEI

- TIPO DE GAS
- CO₂
- CH₄
- N₂O
- NOx
- CO
- COVDM
- SO₂
- HFC/HC
- FC

Fuentes de Emisiones	Sectores
Puntuales	Energía eléctrica, industria química, cemento y cal, automotriz, petróleo y petroquímica, textiles, bienes de base de minerales no metálicos, alimentos y sustancias químicas y artículos de plástico o hules.
Móviles	Autos particulares, taxis, combis, microbuses, pick up, camiones ligeros a gasolina, camiones pesados a gasolina, particulares a diesel, vehículos menores de 3 tns diesel, vehículos mayores de 3 tns diesel, vehículos a gas LP y Motocicletas.
Área	Consumo de solventes, limpieza de superficies industriales, recubrimiento de superficies arquitectónicas e industriales, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, pinturas (automotriz y tránsito), fugas de gas LP en uso doméstico, HCNQ en la combustión, distribución y venta de gasolina, tiraderos a cielo abierto, aplicación de asfalto, combustión habitacional, incendios forestales y ladrilleras.
Naturales	Biogénicas (número de balnearios de aguas termales).
Agricultura	Fuentes por actividad productiva en el campo, mediante la utilización de fertilizantes, herbicidas e insecticidas químicos, aguas negras y so de maquinaria agrícola.
Ganadería	Fuentes por actividad productiva en la ganadería (bovinos, porcinos, caprinos y aves de corral, entre otros).

SECTORES

TIPO DE GAS	ENERGIA	PROCESOS INDUSTRIALES	AGRICULTURA	USCUSS	RESIDUOS	TOTAL
CO ₂	19,593.76	4,631.66	0	-135.83*	0	24,225.42**
CH ₄	211.00	2.58	993.85	6.3	5,156.76	6,370.50
N ₂ O	46.50	0	623.73	0	62	732.24
HFC/HFC	-	866.47				866.47
TOTAL	19,851.26	5,500.71	1,617.58	-129.53	5,218.76	32,194.62

PEACCH

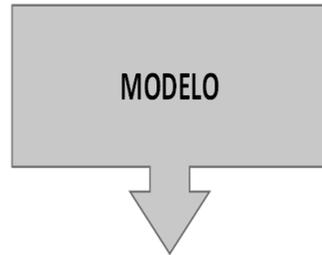
Cada fuente, municipio y GEI, queda claramente determinado y focalizado en cuanto a su aporte y volúmenes de gas. El cual al aplicar el modelo se logra identificar las áreas más importantes de aporte, sus fuentes, los costos y con ello el propio Plan de Acciones. Es decir, solo se debe intervenir en aquellas fuentes de gran aporte de GEI. Por ejemplo, si tomamos como referencia al municipio de Tula de Allende se desarrollaría de la siguiente manera:

Índice de Impacto Ambiental (IIA)	Índice de Carbono (IC02)		
	Índice de Metano (ICH)	0.0 < IIA < 25.0	Bajo Impacto Ambiental
	Índice de Óxido Nítrico (INO)	25.1 < IIA < 50.0	Moderado Impacto Ambiental
	Índice de Hidrofluorocarbonos (HFC)	50.1 < IIA < 75.0	Alto Impacto Ambiental
	Índice de Perfluorocarbonos (PFC)	75.1 < IIA < 100	Muy Alto Impacto Ambiental
	Índice de Hexafluoruro de Azufre (SF6)		

$$\bar{G}_E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{84} \bar{G}_{C_j} \quad (9)$$

donde:

- \bar{G}_E es el promedio de contaminación de la i – esima fuente de contaminación en el estado.
- N es el total de municipios.
- \bar{G}_{C_j} es el grado de contaminación del i – esimo gas en el j – esimo municipio.



Puntuales	Unidades	Promedios					
		PM	SO2	CO2	Nox	CH4	N2O
Energía Eléctrica	1	3557.51	75350.34	148792.9	8180.78	134.5	209.8
Cemento y Cal	1	180.84	3150.74	56552.30	325.04	83.8	196
Petróleo y Petroquímica	4	4079.59	86714.07	44984.7	8468.71	1717.1	10945.5
Textil	4	0.188	0.29	1.967	2.463	0.159	0.159
Alimentos	3	0.788	0.098	8.713	10.383	1.681	1.681

Tula de Allende	Fuentes	PM	SO2	CO2	Nox	CH4	N2O
		20059.82	425358.81				
	Puntuales	6	4	385318.007	42421.661	7092.379	44193.479
	Móviles	73.848	59.661	42024.183	3029.362	94.512	10391.104
	Naturales	0.000	0.000	0.000	169.580	3108.840	3108.840
	Área	1485.640	92.840	7799.680	557.124	9787.282	5062.203
	Agricultura	0.632	0.243	509.976	64.946	8030.456	7546.447
	Ganadería	0.000	0.000	0.000	0.000	207701.490	0.000
	Aguas Negras	0.000	0.000	0.000	0.000	695070.705	30747.150
	TOTALES	21619.94	425511.55				
$\hat{\lambda}_{Tj}$	6	8	435651.846	46242.673	930885.663	101049.222	

Para que finalmente se señalen los niveles de cada Fuente y GEI

Estado de Hidalgo	TOTALES	PM	SO2	CO2	Nox	CH4	N2O
	\bar{X}_T	49265.30616	709718.0179	2082714.056	145228.4418	26932098.66	1220344.961

$$II_{A_j} = \sqrt[N]{\prod_{i=1}^N \bar{P}_{Ti}}$$

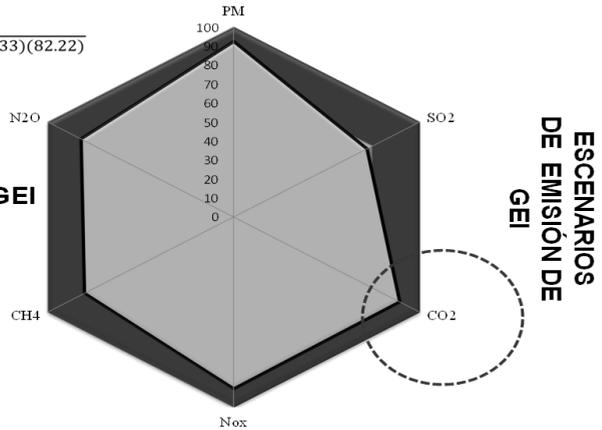
GASES	PROPORCIÓN	GRADO DE INCIDENCIA
PM	92.38	Muy Alta Contaminación
SO2	71.70	Alta Contaminación
CO2	89.25	Muy Alta Contaminación
Nox	90.37	Muy Alta Contaminación
CH4	80.33	Muy Alta Contaminación
N2O	82.22	Muy Alta Contaminación

Comportamiento del índice de Impacto Ambiental en Tula de Allende

$$II_{A_j} = \sqrt[6]{(92.38)(71.70)(89.95)(90.37)(80.33)(82.22)}$$

$$II_{A_j} = 84.06$$

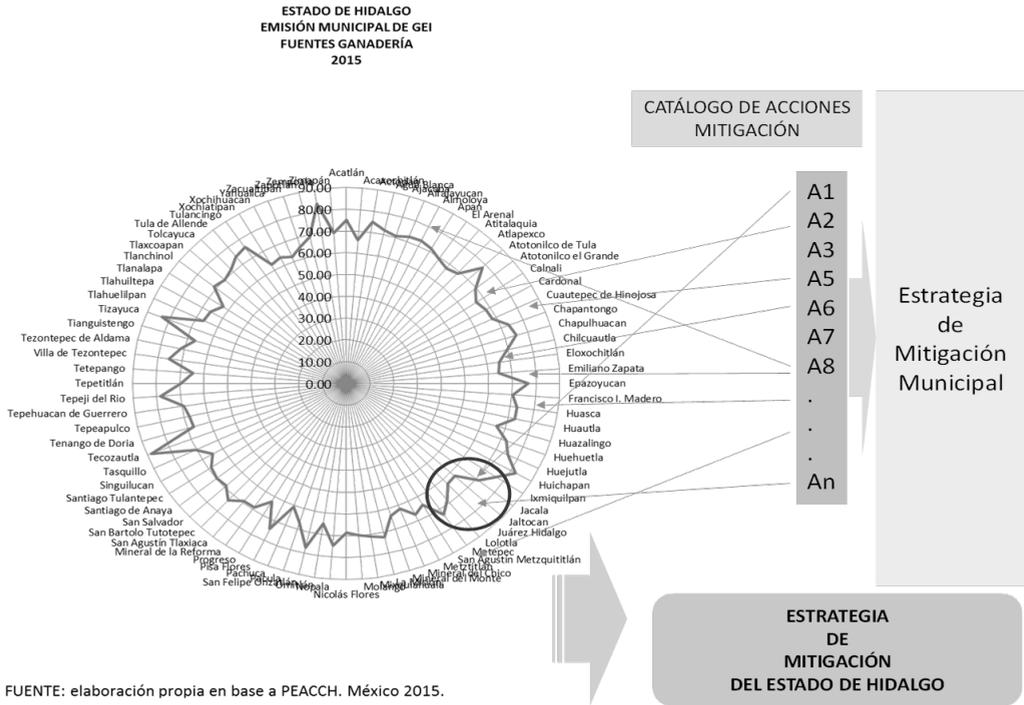
Niveles de incidencia de GEI
Municipal
Gas
Sectores
Fuentes
Prioridad
Nivel
Potencial
Población



FUENTE. Elaboración propia, con base a ruta crítica y el diseño del modelo SIIA. México, 2023

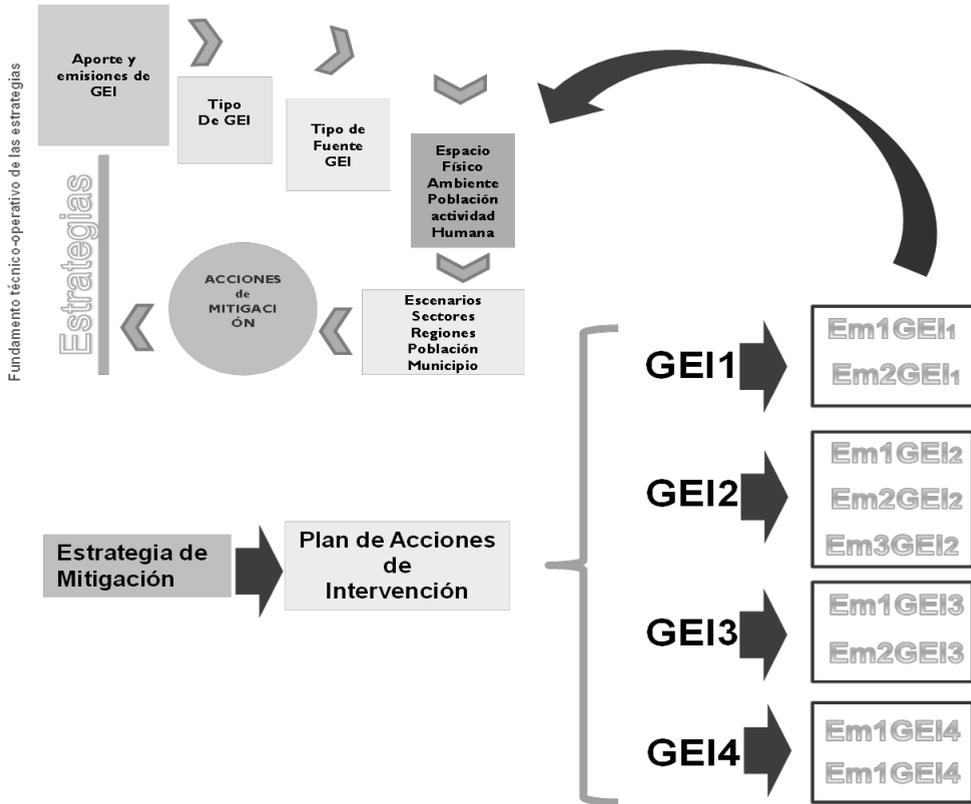
Finalmente se deben de relacionar el Catalogo de Acciones de mitigación

ESQUEMA 7 Resultados del algoritmo para la integración de resultados del SIIS (SIIA)-EEMyACCH. Ejemplo de fuentes ganaderas.



Al integrarse el plan de mitigación a diez años con un porcentaje de 30% según las convenciones internacionales, la ruta determinada se expresa en la figura 4. En este sentido, el modelo de la estrategia de mitigación estará integrado bajo el Sistema de Información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH.

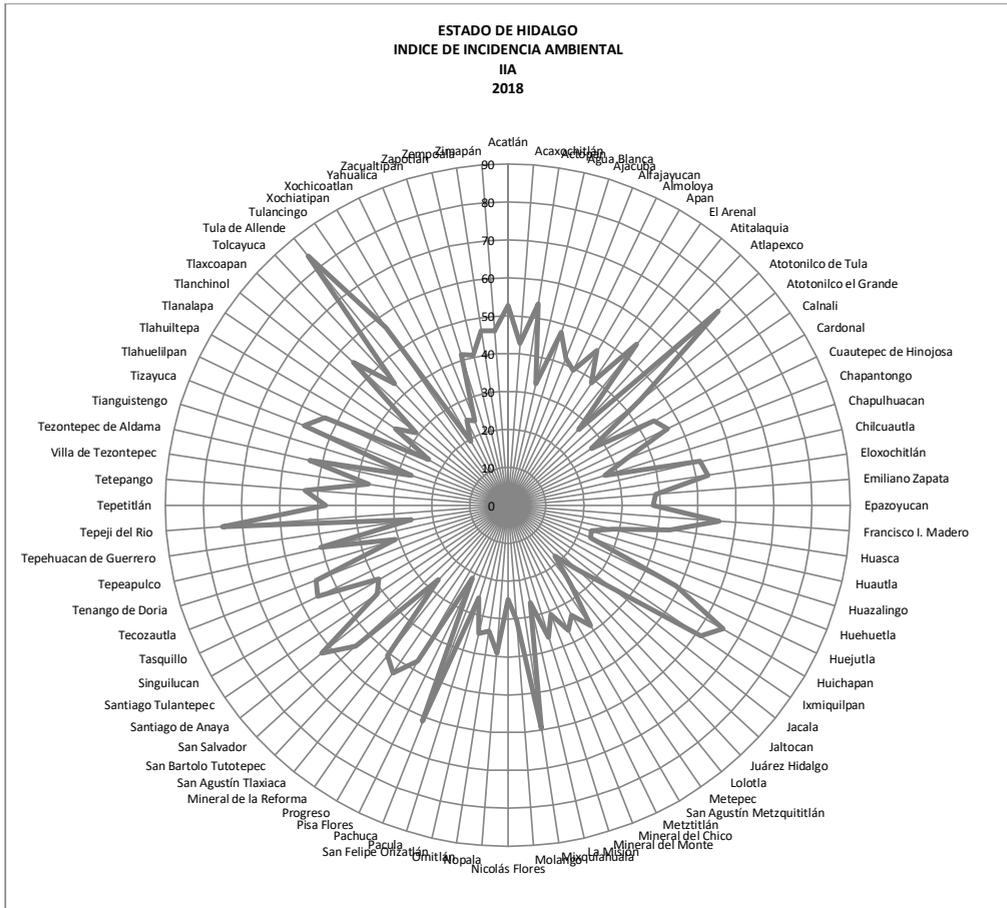
ESQUEMA 8 Integración de la ruta crítica para el diseño de la EEMyACCH.



FUENTE. Elaboración propia, con base a ruta crítica y el diseño del modelo SIIA-EEMyACC. México, 2023.

Bajo esta ruta diseñada, se construyeron las bases de datos, se estandarizaron y se diseñó un sistema de ecuaciones que fueron programadas en un simulador para la obtención de resultados, bajo los supuestos iniciales El resumen de los resultados del IIA, son:

ESQUEMA 9 Resultados del algoritmo para la integración de resultados del SIIS (SIIA)-EEMyACCH. Resultados integrales a nivel estatal-municipio.



FUENTE. Elaboración propia, con base a ruta crítica y el diseño del modelo SIIA-EEMyACC. México, 2023.

La estrategia de mitigación para el Estado de Hidalgo se debe apoyar a su vez en 84 planes de mitigación a nivel municipal. De estos los que más destacan son aquellos que aportan la mayor cantidad de CO₂, el cual es el GEI más importante para Hidalgo, ya que aporta Emisiones netas en el Estado por Categoría (Gg eq de CO₂) con un total de 24,225.42 Gg. Siendo el total para Hidalgo de 32,194.62Gg, por lo tanto, ocupa el 75.24% del aporte estatal (PEACCH, 2013-2016).

A su vez, la fuente que determina este aporte son el Combustible Quemado en la industria generadora de electricidad (7,342.58 CO₂ eq.), la Producción de Cemento (como procesos industriales, con 3,710.84 CO₂ eq.), Combustibles Quemados en la Industria Química (2,708.970 CO₂ eq.) y el sector de Móviles, en su fuente de Transporte Terrestre (2,671.46 CO₂ eq.), ya que aporta el 59.77%. Aunque a nivel municipal las distribuciones de los aportes son muy dispersos, es decir, quedan concentrados principalmente en aquellas grandes ciudades que tienen desarrollos de la industria, a la vez que cuentan con grandes cantidades de vehículos y transporte diverso (IPECC, 2007: 1-22).

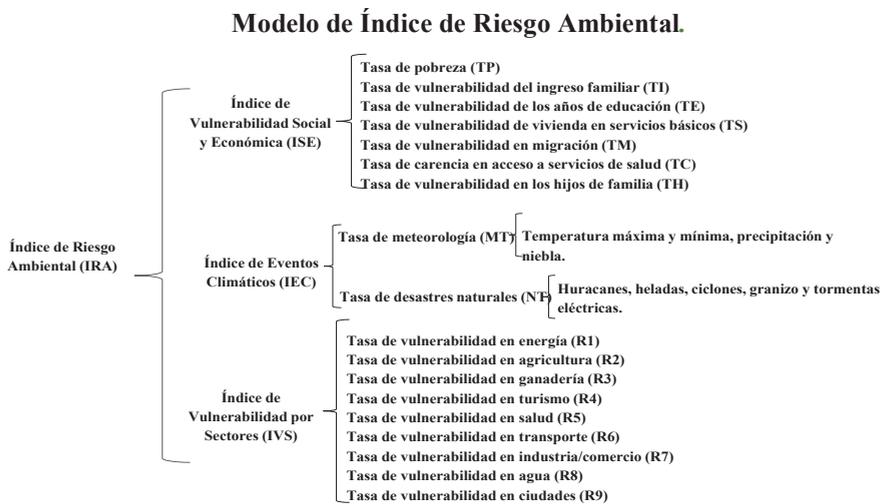
Aunque en el caso de las industrias este aporte de CO₂, se concentra en la Zona Metropolitana de Tula, al contar con todas esas actividades. Para el caso de los móviles, estos se concentran en la mayor parte de las ciudades, principalmente Pachuca, Tulancingo, Tula, Tepeji de Río, Huichapan, Ixmiquilpan, Huejutla, Tizayuca, Actopan, Tepeapulco, Mineral de la Reforma, Mixquiahuala, San Agustín Tlaxiaca, Francisco I. Madero, Cuautepec, Atotonilco de Tula, Atotonilco el Grande, ya que se concentran en el tercer y cuarto cuartil del modelo. (López, 2015: 1-15).

METODOLOGÍA Y MODELO DE ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Por su parte, el Plan de Adaptación está conformado por categorías básicas como la energía, el comportamiento agrícola, la situación de la ganadería, el agua en su relación con el consumo humano, las acciones sobre el sector económico del turismo, la salud pública sobre la población, los impactos y presión sobre transporte e industria, así como las relaciones que se establecen en los diversos sistemas de asentamientos humanos (FM-EUC, 2016: 3-94).

Estos temas han sido abordados de la misma forma que en el apartado de Mitigación, y al desarrollar los múltiples escenarios de incidencia de los GEI, implica a su vez mencionar cuales son los municipios de mayor aporte y sus diversas condiciones económicas, políticas y sociales. Agregando los elementos principales de eventos climáticos en las diversas regiones, su población y las formas de afectación, para con ello poder definir tres sistemas fundamentales, los cuales conforman el territorio del Estado de Hidalgo, permitiendo así, diseñar un Indicador de Riesgo, el cual podrá definir todos aquellos espacios sociales y económicos en relación de la composición de afectación ante el CC.

ESQUEMA 10 Modelo de Índices de Riesgo con base a Sistemas S1-S2-S3 del algoritmo para la integración de resultados del SIIRA-EEMyACCH.



FUENTE. Elaboración propia, con base a ruta crítica y el diseño del modelo de Índices de Riesgo con base a Sistemas S1-S2-S3 del algoritmo para la integración de resultados del SIIRA-EEMyACCH. . México, 2023.

Lo anterior define la relación básica que se establecerá entre los diversos cambios provocados a través del tiempo sobre determinadas zonas y en temas de cambio climático (temperatura, lluvia) y su impacto sobre las poblaciones humanas que están actuando directamente en dichas zonas. En este caso se debe saber que ante cualquier cambio del clima se tendrá un impacto directo sobre esos asentamientos humanos. Dicho impacto estará en relación de las propias capacidades de los grupos humanos en afectación, implicando una relación directa con las posibilidades de adaptación, y según su propia composición de vulnerabilidad y riesgo. Es

decir; los grupos humanos están en condiciones de vulnerabilidad y riesgo cuando se desbordan aquellas variables que mantenían bajo control, como es el caso de la siembra, la construcción, asentamientos, infraestructura, alimentación, enfermedades, abasto de agua limpia y sus sistemas productivos.

Para conocer los escenarios de riesgo se debe contemplar la vulnerabilidad y la adaptación en relación del tipo de indicadores que resuelvan adecuadamente el modelo conceptualizado. Así, la adaptación en un conjunto de medidas asociadas o dirigidas a promover cambios, ajustes e innovación de nuevas metodologías y conocimientos que mantienen una relación con el individuo, sus formas de vida, sistemas de producción, modelos de organización social y configuración de sistemas. La vulnerabilidad estará definida por las variables que actúan sobre el mejoramiento de las condiciones desfavorables en individuos, contextos, sectores y sistemas de organización social, los cuales han de integrarse en un solo modelo de análisis que nos permitirá definir los diversos niveles de riesgo (Magaña,2012: 9-18).

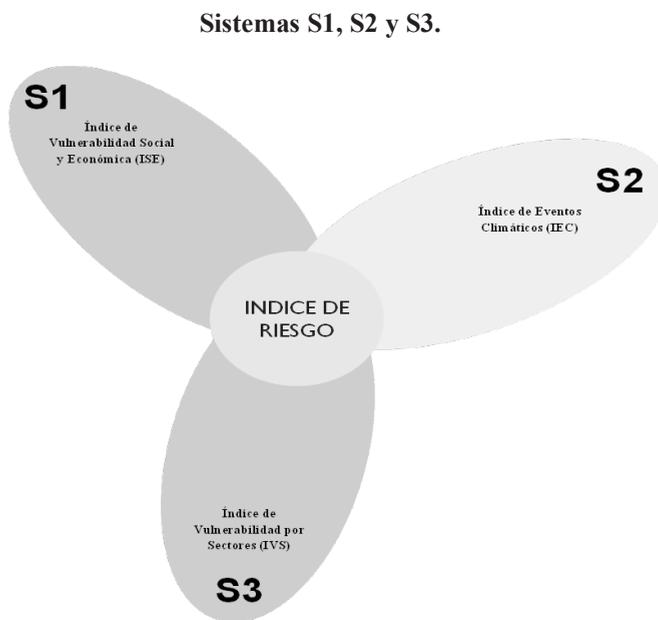
Esto nos debe de llevar a plantear el riesgo como el elemento principal de indicadores que den cuenta de los tres sistemas fundamentales de las comunidades humanas en el Estado de Hidalgo, así como conocer la relación entre estos tres sistemas y sus distancias o brechas de desventaja, o en su caso la condición de vulnerabilidad de cada uno de ellos. A su vez, se deben integrar las condiciones actuales e históricas de los diversos eventos climáticos que han estado incidiendo en la misma población, la cual debe ser definida con claridad en sus aspectos de vida económica y organización social.

Para lo anterior, se partió del enfoque del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de que la adaptabilidad es el ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados, o sus impactos, que reduce el daño causado y que potencia las oportunidades benéficas, pero que a su vez, debe estar en relación de la resiliencia de los sistemas, es decir; las acciones para desarrollar la adaptabilidad deben ser medidas que aseguren el fortalecimiento de los diversos sistemas humanos, que se deriven en fortalecer la resiliencia de las personas y a no empeorar inadvertidamente su vulnerabilidad. (IPECC, 2007: 1-22)

De esta forma hemos configurado la adaptabilidad a través de un indicador de riesgo, el cual a su vez nos ofrezca la composición de los sistemas S1, S2, S3 (véase figura 4) y en la cual cada sistema defina sus variables para tener claro los escenarios de Resiliencia, es decir; debemos

integrar el Indicador de Riesgo para finalmente definir las acciones de intervención para fortalecer esas variables, territorios, municipios, regiones, sectores y población. Ese fortalecimiento es la focalización de la Resiliencia, la cual a su vez definirá la estrategia de Adaptabilidad ante el cambio climático en el Estado de Hidalgo. La conformación de esos tres sistemas, dan la posibilidad de conformar un modelo de Riesgo, mismo que se puede apreciar en la gráfica 5, donde se distribuye el grado de vulnerabilidad de cada uno de los 84 municipios en una clasificación de moderada, alta y muy alta.

ESQUEMA 11 Modelo de Índices de Riesgo con base a Sistemas S1-S2-S3 del algoritmo para la integración de resultados del SIIRA-EEMyACCH.



FUENTE. Elaboración propia, con base a ruta crítica y el diseño del modelo de Índices de Riesgo con base a Sistemas S1-S2-S3 del algoritmo para la integración de resultados del SIIRA-EEMyACCH. . México, 2023.

La configuración de los sistemas S1, S2 y S3, permite a su vez identificar las distancias entre los Sistemas, nos muestra las debilidades de cada uno de los municipios y su localización directa sobre cuál es la variable de mayor precariedad. Por lo cual, se puede saber en qué muni-

cipio, región o zona, existen una fuerte cantidad de eventos climáticos y cómo afecta a la infraestructura, la salud, educación, vivienda, comercio y medios de comunicación. Así como los escenarios que se pueden enfrentar a través de sus propios medios, los cuales dependerán de los apoyos del gobierno o agentes externos, de esta forma se ubicará en dónde se debe intervenir para hacer resilientes esos sistemas.

ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN HIDALGO, EXPERIENCIA Y BASES PARA UN MODELO NACIONAL.

La Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático en Hidalgo, parte de estos dos modelos (IIA-VULNERABILIDAD-S1, S2, S3), los cuales definen bajo un método científico la creación de Políticas Públicas Ambientales para enfrentar el Cambio Climático. Los cuales, a su vez, definen las acciones, programas,

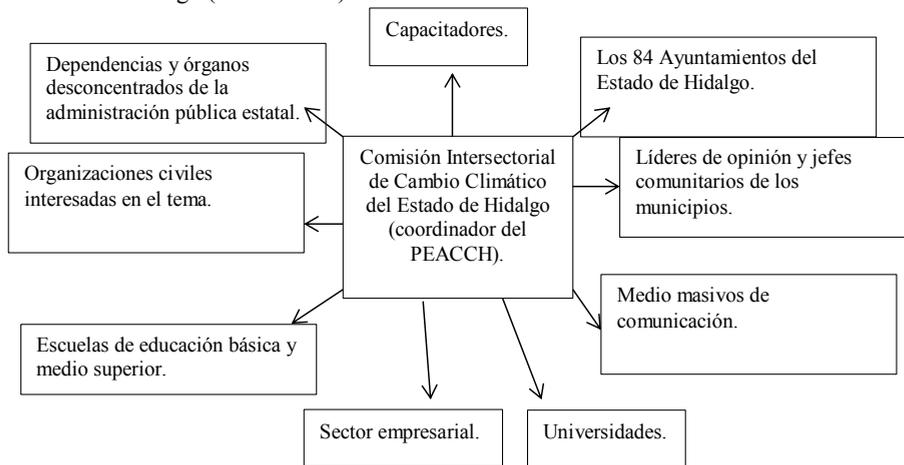
CUADRO 1 Matriz lógica de la Estrategia Estatal De Mitigación y Adaptación ante El Cambio Climático-EEMyACC

ESTRATEGIA ESTATAL DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EEMyACC														
ESTADO HIDALGO														
MUNICIPIO							NIVEL DE VULNERABILIDAD		S1		S2		S3	
INSTITUCIÓN														
TIPO DE GEI LÍNEA BASE					CO ₂ Ton/año			NIVEL DE MITIGACIÓN						
TIEMPO		MESES			AÑOS									
META 1														
OBJETIVOS	3	6	9	1	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4	4 ½	5	5 ½	6
OBJETIVO 1	E1.1	E1.4	E1.4	E1.4	E1.5	E1.5								
	E1.2	E1.5	E1.5	E1.5	E1.6									
	E1.3	E1.6	E1.6	E1.6										
OBJETIVO 2		E2.1	E2.1	E2.1	E2.3	E2.3	E2.3	E2.3	E2.3	E2.3	E2.3	E2.3	E2.3	E2.3
		E2.2	E2.2	E2.2	E2.5	E2.5								
		E3.3	E3.3	E3.3										
		E2.4	E2.4	E2.4										
		E2.5	E2.5	E2.5										
OBJETIVO 3		E3.1	E3.1	E3.1	E3.1	E3.2	E3.2	E3.2	E3.3	E3.3	E3.3	E3.3	E3.3	E3.3
		E3.2	E3.2	E3.2	E3.2	E3.3	E3.3	E3.3	E3.4	E3.4	E3.4	E3.4	E3.4	E3.4
			E3.3	E3.3	E3.3	E3.4	E3.4	E3.4	E3.5	E3.5	E3.5	E3.5	E3.5	E3.5
			E3.4	E3.4	E3.4	E3.5	E3.5	E3.5	E3.6	E3.6	E3.6	E3.6	E3.6	E3.6
			E3.5	E3.5	E3.5	E3.6	E3.6	E3.6	E3.7	E3.7	E3.7	E3.7	E3.7	E3.7
			E3.6	E3.6	E3.6	E3.7	E3.7	E3.7	E3.8	E3.8	E3.8	E3.8	E3.8	E3.8
				E3.7	E3.7				E3.9	E3.9	E3.9	E3.9	E3.9	E3.9
				E3.8	E3.8				E3.10	E3.10	E3.10	E3.10	E3.10	E3.10
				E3.9	E3.9									
OBJETIVO 4		E4.1	E4.1	E4.1	E4.3 a E4.11 según sus necesidades de priorización.									
OBJETIVO 5		E5.1	E5.1	E5.1	E5.3 A E5.9 según sus áreas de priorización.									
		E5.2	E5.2	E5.2										
OBJETIVO 6	E6.3	E6.1	E6.1	E6.1	E6.2	E6.2	E6.2	E6.2	E6.2	E6.2	E6.2	E6.2	E6.2	E6.2
		E6.3	E6.2	E6.2	E6.3	E6.3	E6.3	E6.3	E6.3	E6.3	E6.3	E6.3	E6.3	E6.3
			E6.3	E6.3										

responsables, recurso, actores, tipo de población, vulnerabilidad, composición de la resiliencia, tipo de sistema, niveles de gobierno, temporalidad, objetivos, metas, resultados, avances y evaluación, bajo la siguiente matriz lógica.

Esta estrategia debe ser integrada a partir de los diversos actores e instituciones que intervienen en el espacio territorial y administrativo en la cual se encuentran las fuentes antropogénicas que aportan los diversos GEI, además de sus niveles de vulnerabilidad, los cuales han sido definidos por los modelos y analizados bajo el siguiente esquema de participación:

ESQUEMA 12 Transversalidad de la Estrategia Estatal de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático de Hidalgo (EEMACCH).



FUENTE: elaboración propia con base a Ley de mitigación y adaptación ante los efectos del Cambio Climático, PEACCH, EEMACC. México, 2023.

INTEGRACIÓN DE UNA POLÍTICA PÚBLICA DE MITIGACIÓN DE GEI—IMPACTO SOBRE CC Y MODELO PARA UNA AGENDA NACIONAL.

La Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el estado de Hidalgo, se construye a partir del análisis territorial de las fuentes antropogénicas y el comportamiento de la composición de los GEI a nivel local, según los aportes y sus diversas fuentes generadoras. Con base a la construcción de un algoritmo y la operacionalización de la metodología del IPCC, se elaboró una base de datos de diversas fuentes para la identificación de los volúmenes de GEI emitidos por fuentes antropogénicas con corte al año 2015 y partiendo de la línea base de 2003. En este caso se hicieron los ajustes necesarios de estas emisiones calculadas en el PEACCH, siendo esto el Inventario Estatal de GEI, obteniéndose los siguientes resultados:

CUADRO 2 TOTAL DE EMISIONES DE GEI ESTADO DE HIDALGO

FUENTE-AGRICULTURA						
ACTIVIDAD	PM	SO₂	CO₂	NO_x	CH₄	N₂O
Sustancias químicas	0	0	0	0	46,457.87	191,803.87
Quema controlada	0	0	0	0	69.04	17.26
Has. Irrigación con agua residual	0	0	0	0	127,597.16	56,444.00
Uso de maquinaria agrícola	26.82	10.32	21,648.80	2,756.99	36.45	864.44

FUENTE: elaboración propia con base al modelo de esperanzas matemáticas, trabajo de minería de datos, análisis por municipio. Resultados finales a nivel estatal de GEI, en emisiones anuales. Unidades por Toneladas/GEI/Municipios/Fuente.

El aporte de GEI de la agricultura está concentrado en CH₄ y N₂O y en menor medida de CO₂ aportado por la maquinaria agrícola. En este tipo de fuente la estrategia debe orientarse hacia acciones de mitigación del 30% de las acciones de sustancias químicas que se aplican durante los cultivos. En este caso las regiones que están aplicando grandes cantidades de químicos, son el Valle del Mezquital en los cultivos de forraje y en menor medida en la huasteca y sierra en diversos cultivos de consumo humano.

CUADRO 3 TOTAL DE EMISIONES DE GEI ESTADO DE HIDALGO**FUENTE-AGUAS TRATADAS**

ACTIVIDAD	PM	SO ₂	CO ₂	NO _x	CH ₄	N ₂ O
Aguas tratadas	0	0	0	0	21,560,585.24	953,754.12

FUENTE: elaboración propia con base al modelo de esperanzas matemáticas, trabajo de minería de datos, análisis por municipio. Resultados finales a nivel estatal de GEI, en emisiones anuales. Unidades por Toneladas/GEI/Municipios/Fuente.

Uno de los problemas más importantes para centrar grandes recursos y esfuerzos para su mitigación, son las aguas residuales, ya que estas emiten más de 21 millones de toneladas de metano anualmente y casi un millón de toneladas de N₂O. En este caso se presenta con mayor volumen en la región del Valle del Mezquital, en 21 de sus municipios que irrigan los cultivos con aguas residuales emitidas por la Ciudad de México desde finales del siglo XIX, y que con el crecimiento de la población y la apertura de más áreas de cultivo se ha incrementado significativamente. Este aporte se ha concentrado los últimos años en la región de Tula-Tepeji y en la red de presas del Distrito de Riego 03 y 100.

CUADRO 4 TOTAL DE EMISIONES DE GEI ESTADO DE HIDALGO**FUENTE-ÁREA**

ACTIVIDAD	PM	SO ₂	CO ₂	NO _x	CH ₄	N ₂ O
Consumo de solventes	0	0	0	0	505.42	3,708.62
Limpieza de superficies industriales	0	0	0	0	27.76	203.58
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	0	0	0	0	3.49	25.61
Recubrimiento de superficies industriales	0	0	0	0	438.23	3,213.72
Lavado en seco	0	0	0	0	747.51	5,404.33
Artes gráficas	0	0	0	0	308.12	2,259.58
Panaderías	0	0	0	0	260.46	1,910.13
Pintura automotriz	0	0	0	0	7.42	54.40
Pintura de tránsito	0	0	0	0	1.37	10.04
Fugas de gas LP en uso doméstico	0	0	0	0	599.69	4,398.22
HCNQ en la combustión	0	0	0	0	929.92	6,897.38
Distribución y venta de gasolina	0	0	0	0	5.65	41.42
Tiraderos a cielo abierto	13,667.8	854.13	71,757.0	5,125.54	88,699.04	36,733.02

Aplicación de asfalto	0	0	0	0	0	0
Combustión habitacional	0	0	0	0	0	0
Incendio Forestales	0	0	0	0	0	0
Incendio Forestales2	46.05	4.59	184.14	30.69	25.779	189.051

FUENTE: elaboración propia con base al modelo de esperanzas matemáticas, trabajo de minería de datos, análisis por municipio. Resultados finales a nivel estatal de GEI, en emisiones anuales. Unidades por Toneladas/GEI/Municipios/Fuente.

En este tipo de fuente de área, nos señala con claridad la marca de los tres principales GEI del CC, Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Dióxido de Nitrógeno (N₂O). Que para el caso del estado de Hidalgo son sobre los que la Estrategia de Mitigación debe enfocarse con especial atención. Hasta el momento, los aportes son derivados del manejo inadecuado de los residuos sólidos (RS) en las tres zonas metropolitanas de Hidalgo, ZM Pachuca, ZM Tulancingo y ZM Tula. En este caso se agregan la emergencia de nuevas ciudades como Huejutla, Ixmiquilpan, Apan, Ciudad Sahagún, Tizayuca, Zaucaltipan y Zimapan, al no contar con alternativas de manejo de RS.

CUADRO 5 TOTAL DE EMISIONES DE GEI ESTADO DE HIDALGO

FUENTE-GANADERIA

ACTIVIDAD	PM	SO ₂	CO ₂	NO _x	CH ₄	N ₂ O
Cabezas de ganado mayor	0	0	0	0	449,306.67	0
Cabezas de ganado menor	0	0	0	0	5,362,361.81	0
Aves de corral	0	0	0	0	8,021,053.15	0

FUENTE: elaboración propia con base al modelo de esperanzas matemáticas, trabajo de minería de datos, análisis por municipio. Resultados finales a nivel estatal de GEI, en emisiones anuales. Unidades por Toneladas/GEI/Municipios/Fuente.

La fuente de ganadería está aportando las mayores cantidades de metano en Hidalgo, ya que genera 13, 832, 720 de toneladas anuales. Destacan la producción de aves y ganado menor, las unidades de producción se encuentran distribuidos en la mayor parte de los municipios. Dentro de la Estrategia de Mitigación, se debe construir alternativas eficaces y urgentes para el manejo de las excretas, ya que hasta el momento siguen incrementando sus volúmenes y no existen alternativas para su manejo y control.

CUADRO 6 TOTAL DE EMISIONES DE GEI ESTADO DE HIDALGO

FUENTE-MÓVILES

ACTIVIDAD	PM	SO ₂	CO ₂	NO _x	CH ₄	N ₂ O
Autos particulares	189.996624	307.34748	353,902.241	13,025.94502	39.12	157,082.50
Taxis	13.75612812	20.66678964	7934.873713	729.5311548	37.16	903.60
Combis	5.8675428	7.8233904	12,115.63766	550.7108028	46.10	1,106.45
Microbuses	5.28078852	9.05278032	19,843.94593	871.833038	72.17	1,736.88
Pick up	160.9383168	228.8341692	243,494.644	17,502.04195	905.28	22,003.29
Camiones ligeros a gasolina	33.97586688	50.96380032	91,018.16213	6450.105978	329.14	7,835.68
Camiones pesados a gasolina	5.8675428	8.382204	54,331.58362	895.033116	125.27	308.28
Vehículos < 3 tns diésel	913.660236	469.403424	7602.659028	10,257.02363	136.91	3,565.23
Vehículos > 3 tns diésel	69.01	26.54	5,570.63	7,094.23	93.79	2,224.36
Vehículos a gas LP	0.09	-	84.34	27.72	1.34	31.89
Motocicletas	0.98	1.56	460.74	2.32	4.72	113.55

FUENTE: elaboración propia con base al modelo de esperanzas matemáticas, trabajo de minería de datos, análisis por municipio. Resultados finales a nivel estatal de GEI, en emisiones anuales. Unidades por Toneladas/GEI/Municipios/Fuente.

Las fuentes de móviles están más concentradas en su aporte de CO₂ y NO_x, en todos los vehículos de consumo de energías fósiles. Sin embargo, dado el tamaño del parque vehicular tienen poco aporte a los volúmenes estatales.

CUADRO 7 BIOGÉNICAS

FUENTES-NATURALES

PM	SO ₂	CO ₂	NO _x	CH ₄	N ₂ O
0	0	0	2967.65	54404.7	54404.7

FUENTE: elaboración propia con base al modelo de esperanzas matemáticas, trabajo de minería de datos, análisis por municipio. Resultados finales a nivel estatal de GEI, en emisiones anuales. Unidades por Toneladas/GEI/Municipios/Fuente.

Las emisiones biogénicas están en relación de la vegetación, y constituye una fuente importante de compuestos orgánicos volátiles, los cuales bajo determinados procesos químicos tienen una elevada reactividad con diversos compuestos. Los cuales hasta el momento están relacionados con la formación de ozono y se atribuyen desde el 92, 88 y 77 % de las emisiones de isopreno, monoterpenos y OCOV, respectivamente, a la biomasa foliar. Derivado de ello, las mediciones obtenidas son muy bajas y están dispersas en un territorio amplio, siendo poco significativas en los aportes de GEI (Molina, 2017: 3-7).

CUADRO 8 TOTAL DE EMISIONES DE GEI ESTADO DE HIDALGO

FUENTE-PUNTUALES

ACTIVIDAD	PM	SO₂	CO₂	NO_x	CH₄	N₂O
Generación de Energía Eléctrica	3,557.51	75,350.34	148,792.90	8,180.78	134.50	209.80
Industria Química	1.30	49.10	28,468.00	17.10	774.00	3,608.00
Industria del Cemento y Cal	1,446.72	25,205.92	452,418.40	2,600.32	670.40	1,568.00
Industria Metalúrgica (Incluye Siderúrgica)	8.06	18.94	242,364.00	49.80	1,548.00	7,216.00
Industria Automotriz	10.42	1.01	122.64	-	491.12	109.46
Industria del petróleo y Petroquímica	24,477.54	520,284.42	269,908.20	50,812.2	10,302.60	65,673.00
Producción de Textiles, Prendas de vestir e industria del cuero	16.73	25.81	175.06	219.21	14.15	14.15
Producción de bienes a base de minerales no metálicos	26.94	0	0	0	0	0
Producción de alimentos, bebidas y tabaco	499.59	62.13	5,524.04	6,582.82	1,065.75	1,065.75
Producción de sustancias químicas y artículos de plástico o hules	0.72	6.66	6.66	10.08	0.18	0.18

FUENTE: elaboración propia con base al modelo de esperanzas matemáticas, trabajo de minería de datos, análisis por municipio. Resultados finales a nivel estatal de GEI, en emisiones anuales. Unidades por Toneladas/GEI/Municipios/Fuente.

Las fuentes puntuales son la de mayor importancia para establecer líneas de acción para la mitigación de GEI y que tienen alto impacto sobre el cambio Climático. El IPCC ha señalado en su metodología que el aporte más importante de emisiones de GEI en el mundo en los últimos cien años, son las industrias termoeléctricas, refinerías de combustibles fósiles (64%), las cementeras y las diversas industrias que se derivan de ellas y que en el inventario nacional del INECC ocupó el 64% del aporte nacional. Para el caso del estado de Hidalgo el aporte anual de GEI de estas industrias en las fuentes puntuales es de 1,961,767.19 Toneladas/anuales. Distribuida en PM (30,045.53 Tn/año); SO₂ (621,004.33

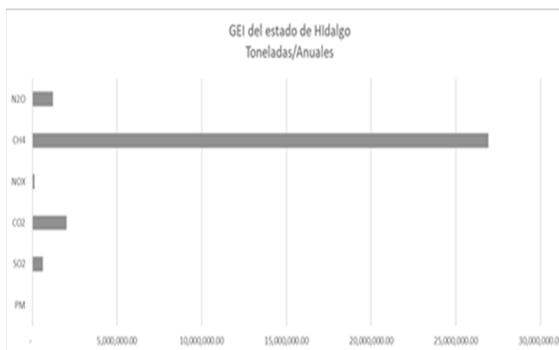
Tn/añal); CO₂ (1,147,779.91 Tn/añal); NO_x (68,472.37 Tn/añal); CH₄ (15,000.71 Tn/añal); N₂O; (79,464.35 Tn/añal).

En este caso las industrias que tienen mayor aporte son las de Generación de Energía Eléctrica, la Industria Química, Industria del Cemento y Cal, Industria Metalúrgica (Incluye Siderúrgica), Industria del petróleo y Petroquímica las cuales están concentradas territorialmente en la región Tula-Tepeji en Hidalgo.

Finalmente, al integrar los diversos resultados obtenidos de aporte de GEI para la integración de la EEMyACCH, el aporte en Toneladas anuales del estado de Hidalgo es:

CUADRO 9

GEI	Tn/Añal
PM	45,185.72
SO ₂	623,003.95
CO ₂	2,037,729.36
NO _x	136,759.73
CH ₄	26,930,381.56
N ₂ O	1,209,399.46
TOTAL	30,982,459.77



FUENTE: elaboración propia con base al modelo de esperanzas matemáticas, trabajo de minería de datos, análisis por municipio. Resultados finales a nivel estatal de GEI, en emisiones anuales. Unidades por Toneladas/GEI/Municipios/Fuente.

Estos resultados muestran que el CH₄ es el gas de mayor aporte, el CO₂ y el N₂O. Llama la atención que la situación de Hidalgo no se corresponde a los modelos internacionales, en la cual el CO₂ domina en las emisiones. Esto se puede explicar mediante la concentración de estos volúmenes en la zona del Valle del Mezquital, región que está integrada a través de una amplia red de canales de riego con aguas residuales y de presas que la distribuyen en los distritos de riego: 003 Tula, 100 Alfajayucan y 112 Ajacuba. En este caso es la lixiviación de los lodos del agua residual el que provoca dichas cantidades de CH₄, principalmente. Para el caso de CO₂ está concentrado en la misma región y es la Termoeléctrica de CFE, la Refinería de PEMEX y las diversas cementeras y caleras como CEMEX, Cruz Azul, TOLTECA y Fortaleza (EEMyACC, 2018:38-160).

La edificación del derecho internacional ha provocado que los gobiernos a nivel mundial incentiven la participación conjunta entre actores gubernamentales y no gubernamentales de tal forma que la cimentación de la agenda pública se ha orientado hacia los temas de mayor relevancia para la comunidad internacional y que sin duda impactan en el contexto interno de México a nivel federal, estatal y municipal. Por este motivo la formulación de los Planes de Desarrollo y sus Programas Estratégicos y Operativos requieren de un proceso de planeación con objetivos claros y metas específicas que sean medibles, verificables y evaluables.

La tendencia de urbanización en nuestro país está provocando dos efectos: el primero, es que las ciudades se integran a causa de la conurbación lo que lleva a la formación de las metrópolis y el segundo, es que las personas que viven en grandes ciudades opten por vivir en ciudades medias, esto aunado a los múltiples problemas que se presentan en los procesos de metropolización en materia de vivienda, seguridad, medio ambiente, educación, infraestructura, comunicación y prestación de servicios públicos municipales. La expansión de las áreas urbanas de las ciudades se ha orientado hacia las periferias que conectan con pueblos circundantes, formándose con ello, aglomerados urbanos con diversos flujos e interdependencias entre sí, lo que demanda una nueva forma de gobernar y gestionar el territorio a fin de dar respuesta efectiva a las demandas y necesidades sociales y esto, pone en evidencia la necesidad de una planificación urbana a escala metropolitana.

El protagonismo de los gobiernos municipales dependerá en gran medida de como conformen su agenda y le den atención a la misma, por lo que asumir esta responsabilidad, requiere de la cooperación horizontal entre los gobiernos que conforman cada zona metropolitana y de que la acción pública se perfile hacia la generación de ciudades sostenibles e incluyentes capaces de garantizar los derechos de todos a una vida digna mediante la cooperación y el fortalecimiento institucional a fin de dar cumplimiento a las tareas que por derecho les corresponden.

Por esta razón, la planeación urbana se consolida como una herramienta que permite a los gobiernos municipales perfilar sus esfuerzos para la implementación de cambios transformadores con enfoques transversales que permitan el desarrollo de ciudades sostenibles. Por ende, la propuesta metodológica planteada en este documento se encuentra sustentada tanto por las propuestas internacionales como la *Nueva Agenda Urbana* que se presentó en el 2020 por el ONU-Habitat a través de su iniciativa MetroHUB y, en los *Objetivos del Desarrollo Sostenible* (ODS) que se plantearon en el 2015 en el seno de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), como en las propuestas metodológicas proporcionadas por el Gobierno de México a través del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) relacionadas a la planeación y el desempeño municipal y por la Secretaría de

Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) en torno al ordenamiento territorial y ordenamiento ecológico. El esquema de planeación será el siguiente:

- Plan de Desarrollo Urbano Metropolitano
 - Programa de Ordenamiento Territorial Metropolitano
 - Programa de Cambio Climático Metropolitano
 - Programas de Mitigación Municipales
 - Programas de Adaptación Municipales

México como parte de los países miembros de la ONU declaro su disposición a terminar con la pobreza y el hambre, a combatir las desigualdades, a proteger los derechos humanos y promover la igualdad entre los géneros y a garantizar una protección duradera del planeta y sus recursos naturales. Siguiendo esta línea de la Planeación Democrática Nacional, la ruta que se plantea para el diseño de los Planes de Desarrollo Metropolitano para Pachuca, Tula y Tulancingo mantienen una visión sostenible e incluyente para los gobiernos municipales a través de una directriz de cooperación horizontal que permita garantizar el desarrollo, la justicia, la igualdad y la paz social; por esta razón se debe entender a la planeación urbana como un instrumento que incentive la correcta gestión del territorio a fin de promover soluciones innovadoras para la gobernabilidad y gobernanza de las ciudades sostenibles.

La Agenda 2030 del Desarrollo Sostenible.

El concepto de ciudad sostenible ha tenido una amplia discusión para definir un solo modelo. Después del Informe Burtland de 1987, el concepto cambia de elementos básicamente ambientales a nuevos que se enlazan al desarrollo económico, cohesión y equilibrio social y el rescate de identidades culturales. Inicialmente el Desarrollo Sostenible se ha considerado como aquellas intervenciones para asegurar la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes, sin afectar las futuras. Que finalmente se va integrando a un concepto multidimensional en la cual se incluyen lo económico, ambiental y social, pero que a su vez sean implementados bajo objetivos bien definidos y diseñando bajo políticas públicas. Posteriores reflexiones han agregado más dimensiones, las cuales contemplan lo demográfico y lo político; las primeras en tanto las ciudades se han convertido en la mejor forma de convivencia de los grupos humanos, así como se tiene una tendencia de crecimiento de la población en estas ciudades y nuevos procesos de urbanización y relación en los sistemas de ciudades, por lo tanto el

tipo de migración y la gran diversidad de culturas humanas que empiezan a convivir; así como lo político en tanto deben ser procesos fortalecidos por las instituciones y gobiernos, así como contemplando la participación democrática de sus ciudadanos en la toma de decisiones y su intervención en los diversos modelos y diseños de planeación para la ciudad (Sobrino, 2017).

En septiembre del 2015 los líderes mundiales adoptaron los *Objetivos del Desarrollo Sostenible* (ODS) a fin de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos, cada uno de los 17 objetivos de los ODS cuenta con metas específicas que deben alcanzarse al 2030. Para poder alcanzar dichas metas es necesaria la inclusión de todos los sectores: gobierno, industria, comercio, centros religiosos, instituciones educativas, líderes de opinión y la sociedad en general.

Para poder consolidar las metas de los ODS en las Zonas Metropolitanas de Pachuca, Tula y Tulancingo, la metodología propuesta encuentra su principal pilar en la Metodología MetroHUB, debido a que se perfila como un instrumento para eficientar la planificación y gestión del territorio al proporcionar canales claros para el desarrollo de políticas públicas que sean medibles, verificables y evaluables en programas y proyectos que contribuyan a la consolidación de ciudades sostenibles, por lo que encuentran su fin en los ODS, específicamente en el Objetivo 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles.

Los ODS nos brindan las herramientas necesarias para la planificación de las ciudades tanto a nivel nacional, estatal y municipal gracias a su visión de largo plazo, debido a que están pensados bajo un enfoque sostenible e incluyente donde la dignidad e igualdad de las personas son una base esencial del modelo.

De los gobiernos metropolitanos.

La procuración de ciudades sostenibles e incluyentes requiere de la sinergia de todos sus elementos a fin de consolidar el sistema, para lograr lo anterior se requiere de una planificación urbana continua y permanente que parta de un diagnóstico integral de la situación actual y a partir de esto prever y actuar sobre escenarios futuros para fomentar su desarrollo sostenible. La finalidad es mejorar la calidad de vida de las personas y sus comunidades a partir de la mejora de las *Zonas Metropolitanas (ZM)* incrementando su equidad, sanidad y eficiencia, lo cual las convertirá en espacios atractivos para las generaciones presentes y futuras.

Este proceso requiere de la definición de una propuesta de visión a largo plazo, estableciendo objetivos, metas, estrategias y acciones específicas que perfilen a las *Zonas Metropolitanas (ZM) de Pachuca, Tula y Tulancingo* a mejorar su gobernabilidad, gobernanza, desarrollo urbano, uso de suelo

y conservación del medio ambiente a través de una correcta planificación y gestión del territorio. Para llevar a cabo esta planificación urbana se deben organizar los diferentes mecanismos en una política sostenible que coordine los elementos sociales, económicos y ecológicos teniendo como referente el Plan Nacional de Desarrollo y los Objetivos del Desarrollo Sostenible a fin de dar seguimiento a los objetivos planteados dentro de cada **ZM**.

La base de la planeación urbana de las ZM deberá partir de un diagnóstico integral que tome en cuenta los ejes medulares del desarrollo sostenible como el desarrollo urbano, gobernabilidad y medio ambiente, todo ello en conformidad con lo establecido en la Ley de Planeación; la Ley General de Desarrollo Social; la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano; Ley General de Cambio Climático; Ley de Aguas Nacionales; Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente así como las demás leyes que incidan sobre el tema en el ámbito estatal.

Marco Jurídico y alineación para la política de desarrollo metropolitano

Marco jurídico	Alineación del Sistema de Planeación Democrática Nacional
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Plan Nacional de Desarrollo
Ley de Planeación	Objetivos del Desarrollo Sostenible
Ley General de Desarrollo Social	Nueva Agenda Urbana
Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano	Programa Nacional de Ordenamiento territorial
Ley General de Cambio Climático	Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial
Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Programa Especial de Cambio climático
Ley Orgánica de la Administración Pública Federal	Estrategia Nacional de Cambio Climático
Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Hidalgo	Plan Estatal de Desarrollo
Ley Orgánica de la Administración pública para el Estado de Hidalgo	Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo
Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo	Estrategia Estatal de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático de Hidalgo
Ley de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático para el Estado de Hidalgo	Plan de Desarrollo Metropolitano

Ley del Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente del Estado de Hidalgo	Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano
Ley Orgánica de la Administración Pública Municipal del Estado de Hidalgo	Sistema Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial
...y demás legislación aplicable en el Estado de Hidalgo	Plan de Mitigación Municipal Plan de Adaptación Municipal

Fuente. Elaboración del grupo de investigación de la UAEH en función del marco jurídico aplicable y el Sistema de Planeación Democrática Nacional México, 2023.

Para darle operatividad a lo anterior, se proponen cinco puntos básicos que definirán los cursos de acción para incentivar la participación horizontal entre los gobiernos de los municipios de cada **ZM**, esto con la finalidad de dar un orden coherente a la acción pública y que ésta se encuentre acorde a las demandas y necesidades sociales de las **ZM**, a fin de potencializar sus áreas de oportunidad y que con ello se consoliden sus áreas de especialización. Los puntos propuestos son los siguientes:

1. Analizar el marco jurídico e identificar los actores implicados y sus funciones.
2. Proponer un modelo de administración metropolitana que coordine a los diferentes niveles de gobierno bajo un enfoque de colaboración horizontal.
3. Definir las prioridades de las Zonas Metropolitanas de Pachuca, Tula y Tulancingo según su clasificación de importancia.
4. Implementación de los modelos MetroHUB de la Nueva Agenda Urbana del ONUHabitat y el enfoque de Ciudades Sostenibles del Banco Interamericano del Desarrollo.

5. Diseñar un modelo para el monitoreo, control y evaluación para la política metropolitana propuesta propuesto acorde a las recomendaciones del INAFED relacionadas a la planeación y el desempeño municipal y por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) en torno al ordenamiento territorial y ordenamiento ecológico.

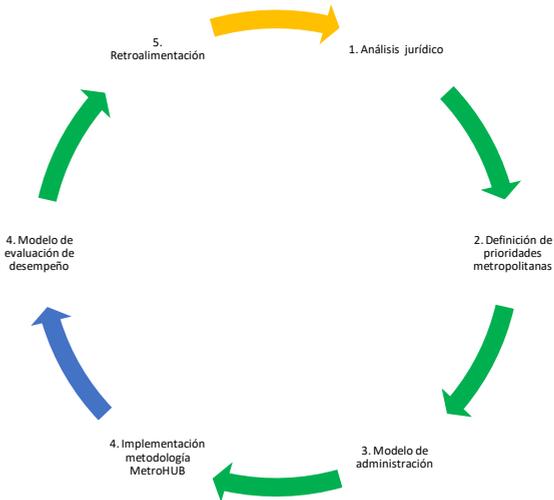
6. La sostenibilidad urbana que se busca en la Zonas Metropolitanas del Estado de Hidalgo está fundamentada en el desarrollo económico, el bienestar social mediante una integración armónica con el medio ambiente.

Por lo tanto, la sustentabilidad desde el ámbito urbano de la megalópolis se considera en las siguientes escalas y dimensiones para su aplicación:

- Centros urbanos

- Ciudades
- Metrópolis
- Megalópolis

Proceso para la elaboración de la Política Metropolitana para Pachuca, Tula y Tulancingo



Fuente: elaboración del grupo de investigación de la UAEH. México, 2023.

Esta escala permitirá influir en un mayor acercamiento a una solución sustentable.

Se debe invertir en:

- Incrementar la infraestructura para la conservación de las reservas de agua, suelo, hábitats de especies protegidas etc.
- Aumento de áreas verdes en proporción de las áreas grises en las ciudades.
- Construcción de edificios de alto rendimiento energético.
- Eficientar el transporte masivo con énfasis en la limpieza, cobertura y costo.

El desarrollo sustentable en la megalópolis solo es posible si se involucra a todos los actores de peso que influyen en la ciudad.

De los gobiernos abiertos

Dentro de los elementos clave para impulsar el buen funcionamiento del sistema estatal de cambio climático se encuentra el gobierno abierto, el cual busca el cumplimiento de los siguientes elementos:

- Lograr la participación social con respecto a las tomas de decisiones de los gobiernos municipales de las Zonas Metropolitanas de Pachuca, Tula y Tulancingo.
- Incentivar una atención más acertada a los problemas sociales y por tanto una respuesta más efectiva a las demandas y necesidades sociales.
- Consolidar una herramienta que mejora la valoración política y social de las autoridades en las tres Zonas Metropolitanas.

Para lograr lo anterior, lo que se busca es dar cumplimiento a la legislación vigente referente a la transparencia, participación y colaboración, a fin de incrementar la valoración política de las autoridades a partir de una participación interdependiente entre actores gubernamentales y no gubernamentales.

En nuestro país y en general en América Latina y el Caribe nos enfrentamos a diversos retos en torno al diseño e implementación de políticas públicas que promuevan la gobernanza, sostenibilidad e inclusión en las ciudades. De forma paralela a las dificultades económicas propias de la región, estos retrocesos han generado desconfianza en las instituciones públicas derivado de procesos de gestión mal enfocados y de visiones limitadas. Para fomentar el correcto desarrollo de ciudades sostenibles e inclusivas es necesaria la incorporación de metodologías acordes a la realidad que vivimos hoy en día y no solo eso, sino que sean capaces de ser medibles, verificables y evaluables en contextos que exige la gobernanza hoy en día.

Es en este sentido que el MetroHub de la Nueva Agenda Urbana del ONUHabitat presenta una serie de metodologías enfocadas para la planificación y gestión de las ciudades a fin de incentivar su desarrollo sostenible e incluyente y esto nos permite contar con un instrumento metodológico que incentive a los gobiernos abiertos, donde se procure la prosperidad urbana con oportunidades de desarrollo para todos.

“Es una iniciativa de múltiples niveles que apunta a fortalecer la capacidad de los actores clave en el desarrollo metropolitano para planificar, gobernar, financiar y administrar mejor las áreas metropolitanas. Como complemento al enfoque de tres frentes de ONU-Habitat, la iniciativa combina el desarrollo de capacidades, la planificación, la gobernanza y el financiamiento con consideraciones socioambientales, y promueve el diseño (y la implementación) de proyectos estratégicos de “acupuntu-

ra” en el contexto local específico de un área metropolitana para realizar. Cambios visibles y tangibles para la población”. (ONUhabitat; 2020: 11).

Por tal motivo, el METROHub da como aporte aprender, compartir, desarrollar, aplicar y difundir las herramientas necesarias para el desarrollo metropolitano bajo un enfoque sostenible, esto con la finalidad de otorgar un plan de gobierno enfocado en mejorar la calidad de vida de la población de las ciudades focalizando el accionar institucional hacia la mejora de esfuerzos centrándose en los desafíos de la metropolización de las ciudades.

PASO 1. GENERACIÓN DE CONVENIOS DE COLABORACIÓN PARA LOS AYUNTAMIENTOS DE LAS ZONAS METROPOLITANAS DE PACHUCA, TULA Y TULANCINGO.

Formalización de la participación de los actores.

Se realizaron visitas a los municipios que conforman las Zonas Metropolitanas de Pachuca, Tula y Tulancingo, cámara de diputados, colegios de profesionistas, sector empresarial y ONG’s a fin de establecer vínculos institucionales a través de la firma de convenios de colaboración con la UAEH durante los meses de octubre y noviembre del 2021.

La propuesta para la generación del Consejo

La experiencia internacional demuestra una gran diversidad de modelos metropolitanos, particularmente en América del Norte (Dodge, 1996) y en Europa (OCDE, 2006). A pesar de que existen muchas ciudades en el sur de Asia, existen pocos ejemplos de enfoques bien establecidos y funcionales. Existen muchas autoridades de desarrollo metropolitanas, pero éstas tienden a centrarse principalmente en la planificación de inversiones y el desarrollo de la tierra. En Asia oriental, China, Japón y Corea del Sur han consolidado gobiernos metropolitanos (Yang, 2009), mientras que Manila, Filipinas ha tenido varios gobiernos regionales con fuerte representación del gobierno local donde el titular es nombrado por el presidente del país (Laquian, 2005).

Aunque América Latina alberga ciudades maduras, en transición y emergentes, los marcos de gobernabilidad metropolitana en ciudades como Sao Paulo, CDMX, Buenos Aires y Río de Janeiro son escasos o débiles. La excepción es el Distrito Metropolitano de Quito en Ecuador, un consejo metropolitano elegido con amplias responsabilidades, presidido por un alcalde metropolitano electo. Existen sistemas algo similares en Bogotá y Caracas, aunque más débiles en la práctica. (Rojas, 2007)

La propuesta de la creación del *Consejo para el Desarrollo Metropolitano* surge del análisis y escrutinio de los diferentes modelos de administración metropolitana que se han dado en diversas ciudades del mundo, del análisis del federalismo mexicano, así como del modelo burocrático que impera en la administración pública del país, tomando en cuenta las fortalezas y debilidades del modelo de la Nueva Gestión Pública como la calidad, flexibilidad, eficacia y eficiencia. Se analizaron diferentes enfoques como: la cooperación horizontal entre gobiernos locales, la autoridad metropolitana, nivel metropolitano/gobierno regional y el de gobierno local consolidado.

La sinergia de los puntos mencionados en el párrafo anterior persigue el objetivo de incentivar la cooperación de los gobiernos municipales que integran cada Zona Metropolitana del Estado de Hidalgo, a fin de impulsar las áreas de oportunidad de sus ciudades emergentes, fortalecer su desarrollo local y dinamizar el desarrollo regional (véase la siguiente figura).

Administración Metropolitana



Fuente: elaboración del grupo de investigación de la UAEH. México, 2023.

Con esto, se logrará contar con un sustento metodológico que incremente las posibilidades de obtener recursos financieros tanto de instancias nacionales como internacionales, para así poder hacer frente a los grandes retos. Mientras que las áreas de mayor preocupación no sean reconocidas y jerarquizadas, como la gestión del agua, residuos sólidos y las infraestructuras de transporte y vialidades, o sean reconocidas como vitales para la competitividad, los interesados dejarán pasar por alto la importancia económica de otras áreas como la educación, la asistencia sanitaria o de salud y la implementa-

ción de los servicios básicos. De forma paralela, el meollo central de este estudio: el cambio climático debe estar enlazadas a las condiciones y diseños de esas infraestructuras, junto a soluciones sostenibles, incluyentes y acordes a las condiciones locales.

Es claro que muchas administraciones al interior de las Zonas Metropolitanas del Estado de Hidalgo prefieren sacrificar el medio ambiente priorizando lo económico y las inversiones, sin embargo, hoy se debe pensar en soluciones integrales en cada una de estas áreas, pues sin duda sus elementos están relacionados con los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la ONU; criterios que son mínimos para el desarrollo equilibrado de sus infraestructuras.

Todos estos elementos se deben de diseñar, bajo nuevos modelos de gestión y administración que permitan incrementar la efectividad de cada Zona Metropolitana a fin de perfeccionar sus áreas de especialización. Es de vital importancia diseñar estrategias que consensen los esfuerzos de colaboración horizontal entre los municipios para que se elaboren leyes y reglamentos a fin de integrar las necesidades de desarrollo, planeación, gestión del territorio y fortalecimiento institucional, mayormente cuando estamos en la etapa emergente en nuestras ciudades.

Los problemas de las ciudades emergentes del Estado de Hidalgo se reflejan en la conurbación entre las ciudades con los pueblos que se encuentran a sus periferias y a su integración con las diversas actividades económicas, políticas, sociales y culturales. Su crecimiento y procesos de urbanización, se han dado fuera de los procesos de una planificación urbana integral y equilibrada, sin una visión amplia y bajo una mirada acotada a la solución local e inmediata.

De hecho, uno de los factores que ha abierto esta brecha es que la dinámica de la organización política de la administración pública a nivel nacional está sustentada en los partidos políticos: la construcción de lo público y la propia política a través de ellos ha dejado en segundo plano a la participación ciudadana (Instituciones de Educación Superior, empresas, investigadores, ONG's y demás grupos de interés), lo que se ha reflejado en que en muchas ocasiones la planeación gubernamental diste de las dinámicas poblacionales. A pesar que estos puntos ya se han señalado en diversos documentos, a la fecha no se ha logrado sensibilizar a los gestores de la política para adaptarse a los nuevos fenómenos, que, hasta el momento, al tener su propia dinámica, no se ha podido orientar la acción pública hacia la correcta gestión del territorio a fin de promover soluciones innovadoras para la gobernabilidad y gobernanza de ciudades sostenibles e incluyentes.

Esta ausencia de adaptación de los gobiernos a las dinámicas poblacionales, encuentran su principal obstáculo tanto en las jurisdicciones tradicionalistas del federalismo mexicano –por citar un ejemplo, la Zona Metropolitana de Pachuca se conforma por 7 municipios; todos tienen problemas en torno a la gestión de residuos, incluso llegan a compartir la misma problemática específica. Pese a lo

anterior, se generan 7 alternativas de solución diferentes² bajo visiones diferentes, lo cual se ve reflejado en resultados de mejora prácticamente inexistentes-- como en las incompatibilidades de intereses de los diferentes partidos políticos que gobiernan los municipios; de ahí la importancia de generar una política pública coherente y coordinada que brinde las herramientas necesarias para generar una administración metropolitana capaz de atender las demandas y necesidades sociales bajo una lógica horizontal y transversal, que detone el desarrollo local y que dinamice la economía regional, pues a partir de la sinergia de estos elementos se podrá incrementar la calidad de vida de la población de las ciudades del Estado de Hidalgo.

Tipos de Gobierno en Zonas Metropolitanas

ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLO	AUTORES
1. COOPERACIÓN HORIZONTAL ENTRE LOS GOBIERNOS LOCALES.			
I) iniciativas conjuntas caso por caso	La acción conjunta pone a los gobiernos locales en una posición más fuerte para: 1. Lograr economías de escala (ejemplo, compras a granel, contratación, lucha contra incendios, mantenimiento de carreteras, promoción del turismo); 1. Atraer empresas, eventos o turistas. Cuando hay costos significativos, es necesario acordar una fórmula de costo compartido.	Los candidatos de la ciudad para una conferencia internacional o un evento deportivo tienden a aplicar en nombre de su área metropolitana.	Andersson M. (2013) Abbott, J. (2011)
II) Contratación entre gobiernos locales	Un gobierno local contrata a otro gobierno local para la entrega de un servicio del cual son responsables.	Común en California, Estados Unidos. P.ej. Muchos gobiernos locales más pequeños están contratando el Condado de Los Ángeles para la provisión de ciertos servicios.	Rojas, E., Cuadrado-Roura J.R. editores (2007)
III) Comités, asociaciones, comisiones, grupos de trabajo y plataformas de consulta.	Organizaciones temporales o permanentes de coordinación. Se privilegia a las redes en lugar de las instituciones.	Ruhr, Alemania Turín y Milán, Italia París, Francia Gran Toronto, Canadá	OCDE (2006). World Bank (2010)
2. AUTORIDAD METROPOLITANA / REGIONAL. (Distrito de Propósito Especial) Entidad legal independiente; Asociación voluntaria creada por los gobiernos locales para hacer un mejor uso de sus recursos públicos. (I) - (iv) son variaciones del enfoque.			
(I) Consejo Metropolitano de Gobiernos.	Un foro para esfuerzos coordinados por los gobiernos locales miembros. Las decisiones necesitan aprobación del respectivo Consejo local (para no agravar la responsabilidad de los gobiernos locales individuales).	Común en EE.UU. Sao Paulo, Brasil Montreal Canadá	Brinkhoff, T. (2011)

² En el mejor de los casos se pueden convenios de colaboración con visiones limitadas y que en la realidad tienen poca o nula operatividad.

II) Autoridad de planificación	Una entidad formal similar al (I) para diseñar estrategias regionales y / o ejercer la planificación y la autoridad de desarrollo de políticas. Con amplio mandato o estrecho enfoque (como para una cuenca fluvial). Pueden o no tener autoridad para hacer cumplir o implementar planes.	Asociación del Plan Regional para el área metropolitana de Nueva York (ONG con papel consultivo) Portland, EE.UU., con poder de decisión (ahora un gobierno elegido metro).	Yang, J. (2009) McCarthy, L. (2011)
III) Autoridad de prestación de servicios	Una agencia de servicio público (corporación de servicios públicos o cooperativa) propiedad de los gobiernos locales miembros. Responsable de la entrega de uno o más servicios. (Varios servicios de un solo servicio Autoridades de un área puede crear otra necesidad de coordinación). Por lo general puede cobrar honorarios de usuarios, impuestos o recaudar fondos de los gobiernos locales.	Greater Vancouver Regional Service District (GVRSD), Canadá, una corporación pública multi-servicio (algunas funciones de planificación) Italia.	McCarthy, L. (2011)
(IV) Autoridad de Planificación y Prestación de Servicios	Combinación de (ii) & (iii), es decir planificación y entrega de uno o más servicios (por ejemplo, una Autoridad de Transporte Regional o de Agua).	Común en Francia. Grand Lyon Communauté Urbaine de Marsella	McCarthy, L. (2011)
ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLO	AUTORES
3. NIVEL METROPOLITANO / GOBIERNO REGIONAL.			
(I) Un Gobierno Local de Nivel Metropolitano	Un gobierno local de nivel metro separado, con un Consejo directamente elegido o uno designado por los gobiernos locales del área. Responsable de la coordinación y funciones selectivas (puede o no incluir la prestación de servicios). Puede o no tener autoridad sobre los otros gobiernos locales.	Toronto, Canadá Ciudad del Cabo Abidjan, Costa de Marfil (hasta 2001) Dar es Salaam, Tanzania (Sin autoridad sobre otros (3) gobiernos locales) Budapest, Hungría	Stren, R. (2007) Raich, U. (2008)
(II) Un Gobierno Regional Establecido por un Gobierno de Nivel Superior	Un gobierno establecido por un gobierno provincial o nacional para un área metropolitana. El financiamiento normalmente sería parte del presupuesto gubernamental de nivel más alto.	Las Ciudades Gemelas, Estados Unidos (Designado por el Estado) Portland, EE.UU. (elegido) Abijan, Costa de Marfil (2001 a la fecha) Madrid, España	Klink, J. (2007)
4. GOBIERNO LOCAL CONSOLIDADO (mediante fusión o anexión)			
	Jurisdicción que cubre una gran parte (o la totalidad) del área metropolitana.	Ciudad del Cabo, Sudáfrica Pittsburgh, Estados Unidos Toronto Canadá Istanbul, Turquía	Turan, N. (2011)

Fuente: elaboración del grupo de investigación de la UAEH a partir de los autores citados en este cuadro.

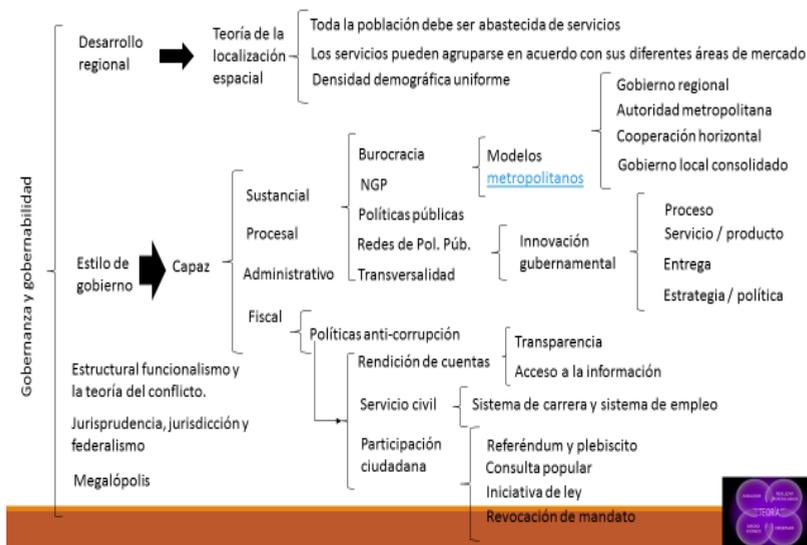
Uno de los aspectos medulares de esta propuesta es partir del análisis que Cabrero (2001), hace sobre la acción gubernamental tanto a nivel local como estatal, al mismo tiempo en que se analizan las acciones colectivas de gobiernos, empresarios, grupos específicos de interés y sociedad en general. En

suma, se trata de dimensionar la relación existente de las acciones entre actores gubernamentales y no gubernamentales en torno al fenómeno de funcionabilidad e integración de las metrópolis.

Los efectos de una creciente intergubernamentalidad -local, regional, nacional y supranacional- y de la creciente dilución de las fronteras político administrativas de la acción territorial y de las esferas públicas y privadas afectan por igual a Europa que a América Latina con sus respectivas particularidades en cada contexto. Al respecto Duran y Thoening (1997) interpretan la evolución territorial en Francia como base sólida que permite entender la evolución general de la acción pública regional y local.

Lo descrito en párrafos anteriores se debe entender bajo una lógica evolutiva, donde todos los elementos que constituyen al orden público se encuentran en constante cambio. Por esta razón, dar una propuesta de administración metropolitana como herramienta que detone la funcionabilidad e integración de las Zonas Metropolitanas es una tarea compleja, que requiere de interdisciplinariedad, flexibilidad en la forma de aproximación al objeto de estudio y por último creatividad e imaginación en el método.

Estructura base para la consolidación del Consejo para el Desarrollo Metropolitano



Fuente: elaboración del grupo de investigación de la UAEH. México, 2023.

Partiendo de la tabla de los tipos de gobiernos metropolitanos y del análisis del artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, del capítulo tercero de la Constitución Política del Estado de Hidalgo y la Ley Orgánica Municipal del Estado de Hidalgo, la propuesta de admi-

nistración se centra en la generación de un *Consejo para el Desarrollo Metropolitano*, esto con la finalidad de eficientar el uso de recursos públicos y con ello mejorar la gobernabilidad a partir de políticas públicas en los siguientes rubros:

- Incrementar la competitividad de las Zonas Metropolitanas potenciando sus áreas de especialización.
- Mejorar e incrementar su infraestructura urbana y carretera
- Proveer servicios digitales de fácil acceso
- Mejorar sus servicios de salud y de educación pública
- Procurar la energía sostenible
- Mecanismos de innovación por enfoques de especialización de cada zona metropolitana
- Aguas residuales
- Movilidad
- Procesamiento de residuos solidos
- Sostenibilidad urbana
- Medio ambiente y cambio climático

Dicho Consejo deberá estar integrado por los presidentes municipales que conforman las Zonas Metropolitanas, sus secretarios de Gobernación, Planeación y Finanzas; los cuales tendrán dentro de sus principales facultades la planeación, control y evaluación, diseño y desarrollo de análisis técnicos por tema de prioridad (Desarrollo Urbano, Medio Ambiente y gobernabilidad) tomando en cuenta los criterios de delimitación y jurisdicción por Zona Metropolitana.

Consejo de Administración Megalopolitana

Titulares	Principales Funciones
<ul style="list-style-type: none"> • Gobernador • Secretarios de gobierno, planeación y prospectiva, obras públicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Órgano máximo de las Zonas Metropolitanas • Elaborar la agenda metropolitana

<p>y ordenamiento territorial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presidentes municipales (de cada Zona Metropolitana) <ul style="list-style-type: none"> • Titular de la comisión de desarrollo metropolitano • Secretario municipal 	<ul style="list-style-type: none"> • Formular, implementar, controlar y evaluar la coordinación • Recibir de los municipios las solicitudes de fondos para proyectos para su gestión ante instancias nacionales como internacionales • Fincar las prioridades metropolitanas • Creación de comisiones especiales
--	--

Fuente: elaboración del grupo de investigación de la UAEH. México, 2023.

A su vez se debe promover la gobernanza con la participación de un Consejo Consultivo Ciudadano de Expertos (a partir de una participación ciudadana cerrada) con voz, pero sin voto. Los cuales trabajarán de forma conjunta al *Consejo para el Desarrollo Metropolitano* y con las Comisiones Metropolitanas de los municipios. La conjunción de la participación de actores Gubernamentales y No Gubernamentales busca la consolidación de los siguientes rubros:

- Es la solución intergubernamental para atacar a los principales problemas sociales, pues abarca bajo una lógica transversal.
- Es la principal respuesta a los problemas de movilidad intrametropolitana ocasionados por búsqueda de vivienda, empleo, educación, servicios y esparcimiento.
- Promotor del desarrollo local al generar identidad y aprovechar los recursos de una comunidad, barrio o ciudad como detonantes de la economía local.
- Impulsa la economía regional al incentivar la comercialización y consumo de los productos y servicios de los municipios que conforman las Zonas Metropolitanas.
- Permite modelos de coaliciones urbanas para atacar problemas públicos mancomunadamente.
- Incorpora la gestión estratégica como mecanismo de la acción urbana.
- Permite visualizar el tejido social, identificar las redes de actores con mayor precisión, así como los mecanismos de interacción y regulación.

Para dar operatividad a lo establecido por el *Consejo para el Desarrollo Metropolitano* se hará a través de la creación de un *Instituto para el Desarrollo Metropolitano*, cuya principal función es la elaboración de estudios de factibilidad y priorización y gestión de los recursos dando prioridad a los siguientes rubros:

- Proyectos de infraestructura metropolitana
- Gestión de los residuos sólidos
- Programas y proyectos sobre la calidad del agua y del aire
- Proyectos y programas para la prestación conjunta de servicios básicos
- Resolución de los problemas sociales complejos
- Concurrencia
- Programas y proyectos sostenibles

El titular del instituto será designado por las dos terceras partes del consejo, el cual tendrá la función de un secretario técnico que tendrá a su cargo:

- Recibir, **evaluar** y dar respuesta a las **propuestas técnicas** que presente el Consejo de administración y los consejos ciudadanos para la metropolización
- .
- Emitir opinión o **resolver consultas** en los asuntos vinculados con la metropolización.
- El secretario técnico **publicará el plan anual de trabajo** del Consejo de Administración en el Diario Oficial de la Federación y en los medios oficiales de las entidades federativas.

Planificación de bordes intra-metropolitanos.

1. Esta metodología busca otorgar herramientas de planificación y gestión supramunicipal, para abordar los desafíos de la conurbación de las zonas metropolitanas donde se dificulta la inversión y la toma de decisiones a nivel local. Para lo anterior, previo diagnóstico del ordenamiento territorial, se elaborará un mapa de pertenencia territorial, el cual funcionará como guía para la toma de decisiones por parte de las autoridades.

Objetivo. Definir nuevas formas de administración, planificación y gestión de las zonas de metropolitanas de Pachuca, Tula y Tulancingo, basados en la cooperación horizontal entre los gobiernos locales y la interacción participativa de la sociedad.

Actores clave. Ayuntamientos de los municipios de las Zonas Metropolitanas de Pachuca, Tula y Tulancingo.

Metas programadas.

- Diseño de estrategias metropolitanas para la gestión y planificación del territorio de las Zonas Metropolitanas de Pachuca, Tula y Tulancingo.
- Definición de programas y proyectos a implementar en las Zonas Metropolitanas de Pachuca, Tula y Tulancingo.

Estructura metodológica.

La metodología constara de 3 etapas que permitan a las autoridades municipales intercambiar experiencias en torno a la planeación y gestión del territorio. Es un modelo de planeación participativa e incluyente que incentive la participación entre actores gubernamentales y no gubernamentales.

1. Cartografía social y de gobierno

- a. **Objetivo.** Analizar el territorio y los conflictos entre los actores clave: tensiones y problemáticas y encontrar intereses en común por el desarrollo territorial y la calidad de vida.
- b. Se organizará por dos grupos: uno por parte de las autoridades municipales y otro por los actores clave que habita en las zonas borde entre los municipios.

Cada grupo realizara su interpretación del territorio y los conflictos que desde su experiencia vean en zona borde (conurbación) en torno a: movilidad, medio ambiente, ordenamiento territorial, servicios públicos, seguridad, resiliencia, espacios públicos, entre otros que se consideren importantes en la zona.

Los actores clave de cada grupo darán plantearan su perspectiva de como perciben y gestionan el territorio conurbado a fin de generar procesos de reflexión que se reflejen en visiones compartidas y establecer complicidades.

Paso 2. Se presentará el mapeo y conclusiones finales a ambos grupos donde se fundamenten conflictos y oportunidades en torno a la visión social y la visión de gobierno. Estos estarán consolidados por el grupo de investigación de la UAEH.

Acupuntura urbana.

Objetivo. Identificar los asuntos de gobernanza, planificación, financiación, desarrollo de capacidades y asuntos socio-ambientales a tener en cuenta para construir un modelo de gestión metropolitana.

Modalidad participativa. Al igual que el punto anterior se conformará por dos grupos: el primero de las autoridades municipales y el segundo por sociedad civil que habita las zonas bordes (áreas conurbadas).

Paso 1. En cada uno de los grupos temáticos se identificarán los posibles proyectos a desarrollar para atender la problemática o la oportunidad identificada en la temática correspondiente, de acuerdo al cuadro de la visión conjunta de la interpretación de la zona de borde consolidado en la etapa uno. Discriminando si se trata de un proyecto del nivel local o metropolitano.

Paso 2. Terminado el trabajo en grupo, cada uno de ellos presentará los resultados en plenaria, se abrirá discusión para mejorar o transformar la propuesta del grupo y lograr un acuerdo en la propuesta del proyecto. Con los resultados de la plenaria se alimentará la cartografía conjunta consolidada en la etapa 1, adicionando los proyectos acordados a las problemáticas y oportunidades que se encuentran identificadas en ella.

Acciones para la gestión metropolitana.

Objetivo. Identificar los asuntos gobernanza, planificación, financiación, desarrollo de capacidades y asuntos socio–ambientales a tener en cuenta para construir un modelo de gestión metropolitana de la zona de borde.

Modalidad Participativa: Grupos Mixtos. Se conformarán grupos con participantes de la sociedad y de gobierno

Paso 1. los grupos desarrollaran propuestas de acciones de gobernanza, planificación, financiación, desarrollo de capacidades y asuntos socio – ambientales, que impulsen la gestión metropolitana de las problemáticas, oportunidades y proyectos de escala metropolitana identificados en las etapas 1 y 2.

Paso 2. Cada grupo presentara sus propuestas de acción para la gestión metropolitana ante la plenaria de los participantes, se abrirá la discusión para mejorar o transformar la propuesta de acción y se consolidaran las propuestas acordadas en plenaria.

Gobernanza de interdependencias metropolitanas.

A través de la definición de interdependencias en la gestión del territorio y de las áreas de especialización de las zonas metropolitanas de Pachuca, Tula y Tulancingo lo que se busca es di-

señar una herramienta que eficiente la gobernabilidad y gobernanza metropolitana a fin de optimizar los recursos y articular los servicios públicos.

Objetivo. Reconocer las Interdependencia que se presentan en el territorio metropolitano e identificar acciones de gestión metropolitana para su gobernanza.

Actores clave. Representantes del sector gobierno de las ciudades que conforman la metrópoli, representantes del sector privado, representantes del sector académico representantes del sector social del área metropolitana que tengan relación o conocimiento con los siguientes bienes y servicios:

Bienes y servicios: educación, salud, empleo, servicios públicos domiciliarios, comercio, cultura, recreación y esparcimiento, industria, ambientales.

Estructura metodológica. Esta metodología, se desarrolla en 3 etapas que les permitirá a los participantes aportar desde su conocimiento a la identificación de flujos de intercambio de bienes y servicios interjurisdiccionales, a identificar especialidades en las funciones de las ciudades de la metrópoli y proponer acciones de gestión metropolitana para la gobernanza metropolitana de las interdependencias.

Caracterización de flujos de intercambio metropolitano

A partir de la estrategia de territorializar los problemas que plantea el MetroHUB se busca partir de un diagnóstico integral del territorio que permita establecer objetivos comunes entre los municipios que conforman las zonas metropolitanas a fin de incorporar metas por municipio bajo una visión metropolitana garantizando la participación ciudadana en los temas de mayor relevancia de la ciudad.

Paso 1. Los participantes identificarán la ciudad de la metrópoli que presenta externalidad en la prestación del bien o servicio sectorial, la externalidad se presenta cuando el bien o servicio es usado en una dimensión alta por los habitantes de otras ciudades de las Zonas Metropolitanas.

Paso 2. Cada grupo presentará a la plenaria los resultados de la caracterización de flujos de intercambio metropolitano por el bien y servicio analizado, se abrirá la discusión para complementar el análisis y los resultados serán consolidados por ciudades con sus respectivas externalidades y flujos.

Interdependencias.

Objetivo. Lograr la identificación de las especialidades de las funciones de las ciudades que conforman el área metropolitana y determinar las interdependencias entre ellas.

Modalidad Participativa: Grupo

Se conformarán grupos por ciudades con participantes de los diferentes sectores que tengan conocimiento sobre la ciudad que se analiza.

Los participantes basados en los resultados de la etapa 1. Sobre externalidades y flujos que se presentan en la ciudad objeto de análisis, identificarán su especialidad en la prestación de bienes y servicios y las interdependencias que se presentan entre la ciudad (objeto de análisis) con la especialidad de la oferta de bienes y servicios y las otras ciudades de la metrópoli que demandan la prestación del bien y servicio.

Acciones de Gestión Metropolitana

Objetivo. Identificar las acciones de gestión metropolitana para la gobernanza de las interdependencias sectoriales entre las ciudades de la metrópoli.

Modalidad Participativa: Grupo

Se organizarán nuevamente los grupos conformados en la etapa 1.

Los participantes basados en los resultados de la etapa 1 y 2. Identificarán las interdependencias que se presentan entre las ciudades por la prestación del bien o servicio bajo el análisis del grupo.

Posteriormente identificarán acciones de gobernanza, planificación, finanzas, desarrollo de capacidades y gestión de asuntos socio ambientales que apliquen para la gestión metropolitana de interdependencia.

Planificación metropolitana participativa.

Esta metodología aplicable a la formulación de cualquier plan de escala metropolitana busca entregar una herramienta para recoger, ordenar e incorporar las propuestas de los actores, y evolucionar el concepto de participación ciudadana representativa al concepto de participación ciudadana contributiva, en donde el actor de la metrópoli participa en la planificación del territorio presentando propuestas desde el enfoque territorial mediante el concepto de territorializar los problemas para territorializar las soluciones. Utiliza para su desarrollo el diagnóstico estratégico, preguntas motivadoras de propuestas y territorialización de las soluciones a los desafíos metropolitanos.

Objetivo. Incorporar la participación ciudadana contributiva a los procesos de planificación metropolitana

Actores clave. Representantes de los sectores públicos (autoridades nacionales, estatales, municipales. Autoridades sectoriales como de transporte, servicios públicos, vivienda, etc) privados, sociales, económicos y académicos que tengan conocimiento e interés en el asunto metropolitano a planificar.

Estructura Metodológica.

Esta metodología, se desarrolla en 3 etapas que les permitirán a los participantes conocer el contexto del asunto metropolitano que se va a planificar, proponer soluciones a las problemáticas que se identifican desde su experticia y conocimiento de la problemática y proponer acciones de gestión metropolitana para ser incorporadas como estrategias, programas o proyectos en el plan.

Diagnostico estratégico

Objetivo: Presentar a los actores claves el contexto del asunto metropolitano a planificar, los temas relevantes que generan conflictividades y oportunidades.

Modalidad Participativa: Plenaria

La presentación del diagnóstico estratégico del asunto metropolitano se realizará por los representantes de la autoridad metropolitana ante los actores claves convocados.

Propuesta de soluciones

Objetivo: Propiciar la presentación de propuestas de solución a las conflictividades o propuestas de activación de las oportunidades del asunto metropolitano objeto de planificación, por parte de los actores claves, basados en su conocimiento del territorio a través de preguntas motivadoras.

Modalidad Participativa: Individual

Cada participante realizara su aporte de manera escrita en la cartografía temática utilizada en el diagnostico estratégico, dispuesta públicamente en el escenario de trabajo.

La participación se desarrollará en dos pasos:

Primer Paso: Los participantes realizaran su participación individualmente interactuando con las cartografías exhibidas y dejaran registrado su aporte de forma escrita en las cartografías con la ayuda de papeles adhesivos.

Segundo Paso: Una vez culminado el tiempo de participación individual el moderador, organizará las propuestas y las presentará a la plenaria, abriendo la discusión para complementar las propuestas presentadas.

Transformación de propuestas de acciones metropolitanas

PASO 2. INSTALACIÓN DE LOS CONSEJOS METROPOLITANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DE CAMBIO CLIMÁTICO.

Visión y gestión metropolitana.

Orientado a consolidar una visión conjunta de desarrollo metropolitano para Pachuca, Tula y Tulancingo a fin de eficientar la competitividad de las ciudades y la calidad de vida de la población. Por esta razón es de vital importancia la consolidación de la planificación metropolitana que permita establecer de forma clara los procesos de financiamiento hacia los asuntos metropolitanos y en general la gestión del territorio.

- Promover la participación de los diferentes sectores públicos y privados (sector productivo, educación y academia, instituciones sociales y gobiernos)
- Consolidar la congruencia de los planes de desarrollo metropolitano, ordenamiento territorial y ordenamiento ecológico y de cambio climático.
- Articulación de los planes de desarrollo metropolitano, ordenamiento territorial y ordenamiento ecológico.
- Incorporación de los resultados del proceso en una bitácora metropolitana.
- Sugerir cuando sea necesario la modificación de estrategias y la suscripción de convenios.
- Elaboración de un reglamento internos para atención de los asuntos metropolitanos.
 - Órgano ejecutivo. Las autoridades del Ayuntamiento serán las responsables de la toma de decisiones en la instrumentación del proceso.
 - Órgano técnico. Académicos e investigadores responsables de la revisión, validación o en su caso de la realización de los estudios. Así como representantes de las áreas de técnicas de la administración pública federal, estatal y municipal.
- Promoción de la participación pública
 - Representantes del consejo
 - Talleres de participación
 - Consultas públicas
 - Consulta libre previa e informada para las comunidades indígenas de las ZM.

PASO 3. PROGRAMA

- Caracterización
 - Definición del área de estudio por ZM para los planes de desarrollo, OT y CC.
 - Identificar el conjunto de atribuciones territoriales, ambientales y administrativas de los intereses sectoriales a través de mecanismos de participación social.
 - Definición de prioridades.

- Diagnóstico
 - Realizar análisis de aptitud de los actores implicados para los intereses sectoriales.
 - Identificar los conflictos territoriales, ambientales y de gestión del territorio a partir del análisis de concurrencia espacial de las actividades sectoriales.
 - Delimitar las áreas que se deben preservar, conservar, proteger y restaurar.
- Pronóstico
 - Examinar la evolución de los conflictos institucionales, ambientales y territoriales a partir de las variables ambientales, naturales, sociales, económicas, políticas e institucionales.

PASO 4. LOS COMITÉS APRUEBAN LOS PLANES POSTERIORES A LA CONSULTA PÚBLICA.

Dialogo de pares metropolitanos.

Por medio del dialogo entre autoridades e intercambio de sus experiencias como máximas autoridades del ayuntamiento se busca elevar la visión y entendimiento de los funcionarios en torno a las ciudades, a fin de cimentar una visión metropolitana y que la toma de decisiones este sustentada bajo una gestión integral y eficiente del territorio.

PASO 5. PUBLICACIÓN EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN Y/O PERIÓDICO LOCAL SEGÚN CORRESPONDA.

Innovación metropolitana

Mediante la fabricación de ideas a partir del Método de Innovación SCAMPER, esta metodología es una herramienta que desarrolla habilidades de gestión en los actores metropolitanos para reaccionar oportunamente con ideas innovadoras a las dinámicas metropolitanas, busca entregar una guía para abordarlas y encontrar la forma de innovar la gestión de las mismas, aprovechando el conocimiento y la experiencia de los actores que diariamente atienden las problemáticas metropolitanas.

- Consejo de ordenamiento territorial
 1. Planes y programas sectoriales
- Comité de ordenamiento ecológico
 1. Planes y programas sectoriales
- Comité de cambio climático
 1. Plan de mitigación
 2. Plan de adaptación

PASO 6. BITÁCORA DE ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN AL BIG DATA

Impacto metropolitano de proyectos territoriales

Derivado de la innovación metropolitana, esta metodología se enfoca en la generación e innovación de programas y proyectos capaces de satisfacer las demandas y necesidades a nivel metropolitano bajo un enfoque sostenible e incluyente. Por lo que su gran desafío se encuentra en la evolución de los proyectos locales a proyectos de impacto metropolitano.

- Registrar la información actualizada
- Verificar el cumplimiento y efectividad de los lineamientos
- Rendición de cuentas del proceso
- Fomentar la participación pública en la formulación y vigilancia de los programas.

MODELAMIENTO MATEMÁTICO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL A TRAVÉS DE LA ACTIVIDAD HUMANA DE 1880 A 2022

El Calentamiento Global y la Actividad Humana

En el presente capítulo se esboza los efectos que produce la Actividad Humana sobre el calentamiento global, tomando como base la Temperatura Media del Planeta, para lo cual se hace una descripción de la dinámica que experimenta el fenómeno en estudio, a partir de la identificación de las variables que inciden en la Actividad Humana.

Con base en lo anterior, se plantean los objetivos, las hipótesis y las preguntas que han de contestar para tener un panorama general del presente trabajo de investigación, por tanto, se planta la construcción de dos modelos matemáticos; en el primero, se plantea la construcción de un indicador sobre la Actividad Humana; y en el segundo, la relación lineal que tienen los factores de la Actividad Humana sobre la Temperatura Media del Planeta.

Para construir estos modelos, se plantea las metodologías que cada uno de ellos ha de seguir, con la finalidad de crear un escenario alternativo, en el cual se pueda minimizar la Temperatura Media del Planeta.

Antecedentes del calentamiento global y de la actividad humana

El calentamiento global es resultado del aumento del efecto invernadero, el cual hace referencia al calentamiento que experimenta la atmósfera de la Tierra, ya que esta última, es una capa delgada de gases que rodea al planeta, en ella residen determinados gases que son la base fundamental para el desarrollo de la vida terrestre.

La composición química de la atmósfera se conforma, principalmente por dos gases, nitrógeno (79%) y oxígeno (20%), el restante, lo compone el argón (0.9%) y el dióxido de carbono (0.03%), donde este último, es la base fundamental del calentamiento de la atmósfera (Caballero, Lozano y Ortega, 2007).

Debido a que los gases de la atmósfera están en función de la atracción gravitacional de la Tierra, estos se van a concentrar cerca de la superficie terrestre, en particular, en los primeros 50 km, por tanto, se pueden distinguir dos capas (Benavides y León, 2007):

- La tropósfera. Es la capa adyacente a la superficie terrestre, en la cual se presentan los fenómenos meteorológicos, en ella se concentra el 80% de toda la masa de los gases de la atmósfera. Aquí ocurren los fenómenos meteorológicos, tales como las lluvias, los vientos y las nevadas, entre otros, se conforma por el oxígeno y el vapor del agua.
- La estratósfera. Es la capa inferior de la atmósfera que se encuentra entre la tropósfera y la mesósfera¹, y es la encargada de generar la estabilidad climática y biótica del planeta, pues en ella se sustenta la mayor cantidad de energía, sin ella, aumentaría considerablemente el calor. Se encuentra a una altitud variable de entre 9 km de altura o 20 km, dependiendo la región.

“La funcionalidad de estas capas (tropósfera, estratósfera y mesósfera) hace que se caliente la superficie de la tierra, de tal forma, que la transforma en la luz solar, mediante una radiación de baja energía ondas de longitud grande, y que se cargan hacia el infrarrojo que se refleja nuevamente hacia la atmósfera, esa energía es absorbida por algunos gases atmosféricos, en particular por el CO₂, siendo ésta la principal fuente de calor para la atmósfera, de allí que la temperatura más alta de la tropósfera sea justamente el punto de contacto con la superficie del planeta” (Benavides y León, 2007).

Sin el efecto invernadero el planeta se congelaría, pues alcanzaría una temperatura de -15°C, en lugar de los 15°C que es la temperatura media del planeta. Por tanto, la estructura de la atmósfera incide en la dinámica del clima, en la medida que se incrementen los gases de invernadero (como el CO₂), mayor será la temperatura global del planeta, dando origen al calentamiento global.

1. La mesósfera es la capa de la atmósfera que se caracteriza por la disminución de la temperatura a medida que la altura va aumentando, hasta que llega a unos 80°C, a unos 80 kilómetros (Benavides y León, 2007)

El calentamiento global es resultado del incremento de la temperatura media del planeta, pues en el último informe del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), en el último siglo, las temperaturas en la cuenta mediterránea han subido 1.4°C, esto es, 0.4°C más de la media

global, aunado a esto, el nivel de mar ha subido 6 cm y la acidez del agua ha subido, todo esto ha generado efectos negativos en algunos sectores productivos (turismo, agricultura, alimentos, e inmobiliario, entre otros (Greenpeace, 2018).

Los efectos del calentamiento global sobre la biodiversidad, se traducen en la modificación de algunos organismos dentro de los procesos de crecimiento, reproducción y la supervivencia, tal es el caso (Greenpeace, 2018):

- El coral australiano, pues dos tercios de su población ha muerto por el aumento de las temperaturas generadas por el cambio climático.
- El oso pardo de España está en peligro de extinción, pues ya no cuenta con las condiciones adecuadas para su supervivencia.
- Los corales marinos tienden a desaparecer, debido a que el agua incrementa la concentración de CO₂, debido al cambio PH del agua.
- Las algas, tienden a desvanecerse debido al incremento de la temperatura, forman parte de la oxigenación del mar, sin ellas morirán muchas especies marianas.
- La posidonia, es el organismo más longevo del mundo, debido al incremento de la temperatura, más 1,400 especies desaparecerían.
- En Europa se han quemado más de tres millones de hectáreas de bosque mediterráneo en los últimos 15 años, como resultado del incremento de la temperatura media del planeta, esto ha generado el incremento de la deforestación, y con ello, la disminución de la capacidad de recuperación de los bosques.
- El incremento de la sequías, pues en los últimos 20 años este fenómeno se ha presentado con mayor frecuencia, esto ha generado la degradación del suelo, por lo cual, los cultivos tienden a disminuir, esto hace que se incrementen los problemas agroalimentarios.
- En los últimos 30 años se ha perdido alrededor de tres cuartas partes del volumen de hielo en el Ártico, esto ha hecho que se incremente el nivel del mar, por tanto, las inundaciones de las ciudades costeras, aunado a esto, la desaparición de algunas especies marianas.
- La subida del nivel del mar a consecuencia del deshielo ha sido de 10 a 68 cm, este efecto se ha reflejado en mayor intensidad en la pérdida de playas dentro de las zonas costeras. Este efecto también se ha reflejado en algunas ciudades, tales como Barcelona, Nueva York, y San Francisco, ya que han perdido espacio debido al incremento del nivel del mar.

Los bosques, el agua, y los polos juegan un papel de suma importancia para frenar el cambio climático, pues son la base fundamental para la clave de las estrategias para no superar el 1.5°C de Temperatura Media del Planeta. Además de esto, las reservas de carbono en suelo y reducir las emisiones de la agricultura, es necesario tomar medidas que mejoren la absorción de dióxido de carbono.

En la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) del 2014 se definió al cambio climático como al conjunto de modificaciones o alteraciones que, sufrido el planeta en relación a su comportamiento, y que es resultado y que es atribuido directa o indirectamente por la Actividad Humana, y que se refleja a través del incremento que ha experimentado la temperatura media del planeta.

La Actividad Humana es puede definir como el conjunto actividades productivas que conforman a una economía, que es el estudio del modo en que la sociedad gestiona sus recursos escasos y que son contabilizados a través del Producto Interno Bruto (PIB), y estas utilizan los recursos ambientales transformándolos en bienes y servicios con valor de mercado, internalizando o apropiándose de sus beneficios y traspasando o externalizando los costos a la sociedad (Rabasco y Toharía, 2002). Entre esas actividades se encuentra las siguientes:

- La dinámica demográfica. La población continúa creciendo y este comportamiento ha generado un gran impacto ambiental sobre la tierra y los recursos naturales, ya que en la medida en que se incremente la población, se incentiva la demanda de bienes y servicios (agua, alimentos, electricidad, y vivienda, entre otros), se acelera la explotación de recursos.

Con base en la población mundial de 1950, se observa que el tamaño de ésta se ha duplicado hasta llegar a más 7 mil millones de personas. Este comportamiento ha tenido mayor presencia en los países pobres, lo cual ha hecho que los gastos en consumo se dupliquen y a pesar de eso, la mitad de la población en el planeta vive con menos de dos dólares al día. Con el paso del tiempo ha aprendido a extraer recursos para nuestro uso (alimentos, combustibles, medicamentos, y materiales diversos, entre otros). Sin embargo, no se ha aprendido a regenerarlos (Costeau, 1992).

- La intensidad energética. Es considerada como el motor que mueve el desarrollo de los países, sin embargo, en la actualidad los estándares de la economía y la vida rural muestran una estrecha relación con los elevados niveles de consumo energético, bajo este contexto, urge se apliquen medidas encaminadas al uso eficiente de la energía.

Se tiene calculado que el consumo mundial para el año 2025 superará en un 30% al actual, esta proyección demuestra que el ritmo de consumo se incrementará, y con ello, el consumo de los recursos fósiles continuará siendo la principal fuente de energía primaria (Linares, 2009).

- Minería. En un cielo abierto, es uno de los peores enemigos del medio ambiente, es una actividad industrial que provoca grandes y serios problemas ambientales, sociales y culturales. Su impacto recae sobre la esencia de su actividad, la cual se basa en la remoción, a cielo abierto, de importantes cantidades de suelo y subsuelo que luego se procesan para extraer el mineral. Destruye y cambia a la forma de la corteza terrestre, formando grandes cantidades de materiales de desecho, alterando la morfología local. Genera grandes cantidades de materia fina “polvillo” tóxico, constituidos por químicos pesados que son absorbidos por animales y seres humanos. Su proceso de excavación elimina todo tipo de flora existente, al no ser tratados sus residuos químicos estos se pueden infiltrarse en el subsuelo, ocasionando la contaminación de los yacimientos de agua subterránea (Geoinnova, 2016).

- Agricultura y ganadería. La utilización de fertilizantes, pesticidas y la presencia de animales grandes genera daños como compactación y contaminación del suelo, provocando la pérdida de la capacidad de almacenamiento de agua en páramos o la erosión y falta de productividad en suelos ácidos como la altillanura.

Este sector genera más gases de efecto invernadero (principalmente el ganadero), alrededor de 18% más medido en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂), que el sector del transporte, reveló un informe divulgado hoy por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Naciones Unidas, 2006).

- Industria manufacturera. Su causa principal de la contaminación industrial es la quema a gran escala de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón, el gas, más el agua residual que contamina tierra, ríos y lagunas.

En la actualidad, cerca del 17% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel mundial se debieron a las actividades relacionadas con las industrias manufactureras y de la construcción (Escrig, 2008).

- Parque vehicular. Los efectos de la contaminación ambiental sobre el ser humano y sobre los seres vivos son devastadores; las emisiones tóxicas de los motores de automóvil generan problemas de salud, tales como el asma, la bronquitis, la laringitis, la faringitis, y el enfisema, entre otras enfermedades, todo esto se debe a los altos niveles de contaminación del aire.

Estos elevados índices de emisiones (monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y humo) revelan el grave problema de la salud pública y de la degradación de la calidad de vida de la población mundial. Se tiene estimado que a nivel mundial los automóviles producen la $\frac{3}{4}$ del monóxido de carbono, casi todos los hidrocarburos, aproximadamente la mitad de los óxidos de nitrógeno y casi el 40% de las emisiones tóxicas (Lira, 2000).

- Turismo. En la actualidad representa una de las principales actividades económicas a nivel mundial, pues crea empleos, incentiva los ingresos económicos e incentiva las inversiones en la conservación de espacios naturales, evita la migración de la población local, y estimula la comercialización de productos locales. Sin embargo, también trae efectos negativos sobre el medio ambiente, tales como (Santamarta, 2000):
 - Modificación y destrucción del hábitat de flora y fauna terrestre y acuática y cambios de uso de suelo forestal.
 - Generación de residuos peligrosos y contaminación de suelos y cuerpos de agua por emisiones líquidas (aguas residuales, aceites, lubricantes e hidrocarburos).
- Residuos. Se definen como los materiales o productos que se desechan ya sea en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que se contienen en recipientes o depósitos, y que necesitan estar sujetos a tratamiento o disposición final. Entre ellos se encuentran (Smarnat, 2010):
 - La generación de biogases, que suelen ser también gases de efecto invernadero: metano CH₄, bióxido de carbono CO₂, nitrógeno N₂, y sulfuro de hidrógeno H₂S, entre otros.
 - Liberación de sustancias agotadoras de ozono, son compuestos que afectan la capa de ozono y contribuyen a su destrucción, entre ellos se encuentran los clorofluorocarbonos CFC, hidroclorofluorocarbonos HCFC e hidrofluorocarbonos HFC.
 - Contaminantes de los suelos y de los cuerpos de agua, son líquidos de descomposición y se conocen como lixiviados y se caracterizan por la fuga de los materiales que se elaboran a través de pilas.

Al depender las economías de los recursos naturales y de los servicios prestados por el medio ambiente, las Actividades Humanas presionan y provocan diversas transformaciones e impactos al ambiente y a la sociedad en aspectos de salud y bienestar, además de alterar la disponibilidad y calidad de dichos recursos y servicios.

Una de las discusiones actuales sobre la crisis ambiental se encuentra enmarcada por la “Irracionalidad económica”, donde los recursos escasos son utilizados para generar nuevas necesidades en vez de satisfacer las ya existentes. A partir de esto, la libertad humana ha hecho que cada individuo satisfaga

sus intereses mediante la búsqueda de beneficios, sin darse cuenta de las “externalidades” que han ocasionado en el medio ambiente, pues la acumulación de riqueza en una nación se cuantifica en el grado de explotación hacia los recursos renovables y no renovables.

Para los ecologistas, el crecimiento económico (acumulación de la riqueza mediante el PIB) lleva a una sobreexplotación del hábitat, ya que, en la actualidad, las economías emergentes pelean por conseguir estatus a la altura de los países desarrollados, lo cual hace que el consumo de bienes y servicios se incremente. Estas economías están desafiando al crecimiento insostenible, es decir, se están aglutinando en lo material, lo cual no es condición precisa para experimentar el desarrollo social (López, 2012).

Vinculación entre calentamiento global y actividad humana

Si se parte de la relación que existe entre la Temperatura Media del Planeta (T_p) y la Actividad Humana en el tiempo (1880 a 2022):

$$T_p = f(A_h; t) \quad (1)$$

Donde:

- T_p es la Temperatura Media del Planeta
- A_h es la Actividad Humana
- t es el tiempo (1880 a 2022)

La Actividad Humana (A_h) en el tiempo está en función de D_d , I_e , M_n , A_g , I_m , P_v , T_m y R_s :

$$A_h = f(D_d, I_e, M_n, A_g, I_m, P_v, T_m, R_s) \quad (2)$$

Donde:

- D_d es la dinámica demográfica del planeta (crecimiento demográfico).
- I_e es la intensidad energética, y que se expresa de la siguiente forma (Long & Zhang, 2020):

$$I_e = \left(\frac{CEK}{PIB} \right) \quad (3)$$

Tal que:

- CEK es el consumo energético en kilos de barriles equivalentes de petróleo.
- PIB es el Producto Interno Bruto global en dólares americanos
- M_n es la industria de la minería, la cual hace referencia la cantidad de toneladas que se extraen a nivel mundial de forma anual.

- Ag es el sector de la agricultura y la ganadería, y hace referencia a la cantidad de toneladas en fertilizantes (Ft), cabezas de ganado (Cg) y de excretas (Ex) emitidas anualmente, de forma tal que:

$$Ag = f(Ft, Cg, Ex) \quad (4)$$

- Im es la industria manufacturera, hace referencia la cantidad de toneladas de combustibles fósiles que se queman anualmente para la transformada de productos, de tal forma que:

$$Im = f(Cs, Qf, Al, At) \quad (5)$$

Tal que:

- Cs es la industria de la construcción.
- Qf es la industria química farmacéutica.
- Al es la industria alimentaria
- At es la industria automotriz
- Pv es el parque vehicular, se refiere la cantidad de unidades registradas anualmente, tal que:

$$Pv = f(Au, Tp, Mq) \quad (6)$$

Tal que:

- Au es la cantidad de automóviles, camionetas y motocicletas.
- Tp es la cantidad de unidades utilizadas en el transporte pública.
- Mq es la cantidad de unidades en maquinaria utilizadas en la industria.
- Tm es el sector del turismo, es la cantidad de desplazamientos de personas a países o lugares fuera de su entorno habitual, registrados anualmente.
- Rs son los desechos sólidos, es la cantidad de toneladas que emite la población anualmente.

En el informe de Cambio Climático Global presentado por el Centro EULA- Chile, el calentamiento global en la actualidad ha experimentado un crecimiento de forma exponencial, ya que la Temperatura Media del Planeta ha aumentado en 0.91°C de 1860 al 2020 (figura 1) (John & Etienne, 2021).

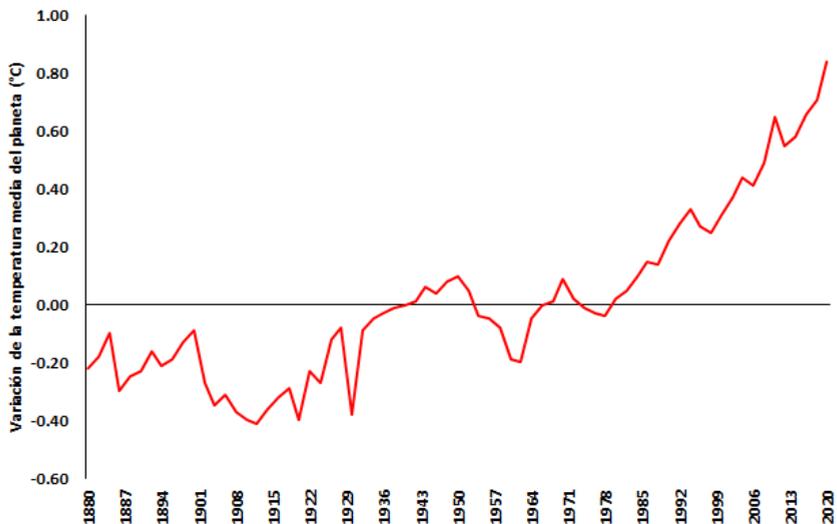
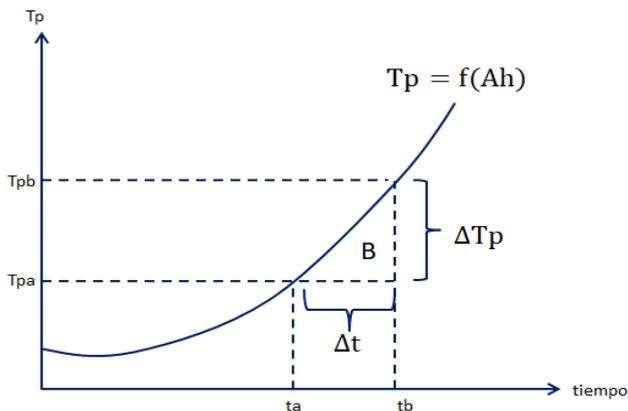


Figura 1. Comportamiento de la variación de la temperatura en el planeta.

Fuente. Cambio climático Global, 2021.

A través de la figura 2, se observa que la razón de cambio de la variación promedio de la temperatura con respecto al tiempo se llamaría “variación marginal de la temperatura”, y que se puede interpretar como el cambio que experimenta la variación de la Temperatura Media del Planeta ante un cambio en la Actividad Humana en el tiempo, es decir:



$$B = \frac{dT_p}{dAh} = \frac{\Delta T_p}{\Delta t}$$

Figura 2. Dinámica exponencial de la variación de la temperatura global.

Fuente. Elaboración propia, 2021.

“Por cada punto porcentual que se incremente, el crecimiento demográfico, la intensidad energética, la minería, la agricultura y ganadería, las manufacturas, el parque vehicular, el turismo y los residuos sólidos, se incrementará la Actividad Humana, y con ello, se acrecentaría la Temperatura Media del Planeta”

En la figura 3 se puede observar que la Actividad Humana incide en el incremento de temperatura, esto fue documentado en el estudio de Gitay, Suárez y Watson (2002), en donde especifican que “es difícil cuantificar que proporción del Calentamiento Global es atribuible a causas naturales y que proporción es atribuible a causas humanas, pero los resultados de modelados climáticos, tomando en cuenta todas las posibles causas, indican que solo considerando la contribución por Actividades Humanas es viable explicar la tendencia tan marcada al calentamiento que se observa, sobre todo, durante las últimas décadas”, y se ratificó como una de las principales conclusiones de la contribución de Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación (GTI IE5) en el 2014, que establece “es sumamente probable que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX” (leef, 2007).

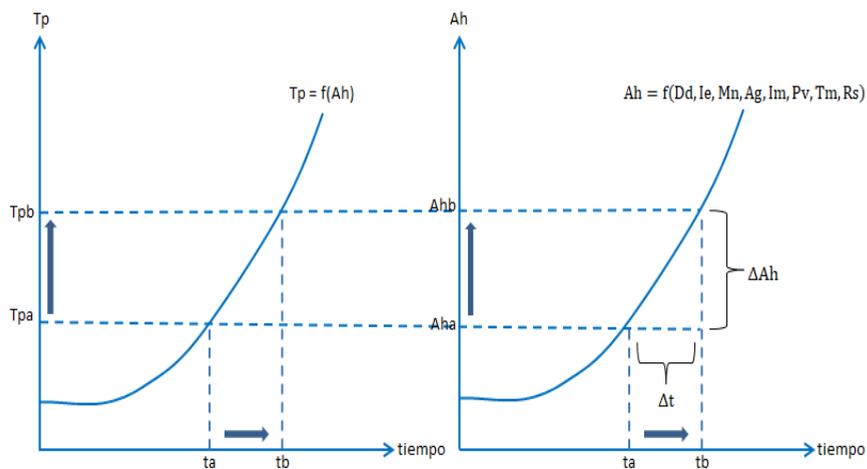


Figura 3. Comportamiento de la Temperatura Media del Planeta.

Fuente. Elaboración propia, 2023.

Mediante la figura 3 se puede conjeturar lo siguiente: “en la medida en que se incentive la Actividad Humana, se incrementará la Temperatura Media Planeta. El estimular la Actividad Humana se traduce en mayores emisiones de gases, dando origen al efecto invernadero cuyo mecanismo consiste en calentar la atmósfera de la tierra, la cual se compone de una delgada capa de gases que rodea al planeta

y que son fundamentales para el desarrollo de la mayor parte de la vida (Cabellero, Lozano & Ortega, 2007).

Bajo este contexto, es fundamental que se planteé un escenario alternativo, en el cual se minimice la variación de la Temperatura Media del Planeta.

Partiendo de la figura 4, la minimización del calentamiento global va a estar en función del crecimiento controlado de la Actividad humana [Tp_0], la cual podría alcanzar un punto máximo en Tp_c en el tiempo t_c , por tanto, sus efectos se traducirían en el decremento de la Temperatura Media del Planeta [∇Tp], y esto, en la minimización del calentamiento global, el cual se expresaría de la siguiente forma:

$$\nabla Tp = [f_0(Ah) - f_1(Ah)]; \text{ talque } f_0(Ah) > f_1(Ah) \quad (7)$$

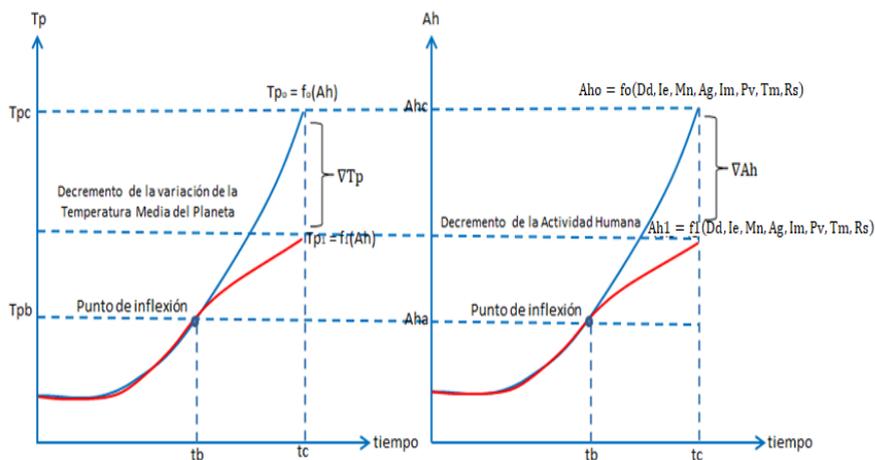


Figura 4. Minimización de la variación de la Temperatura Media del Planeta.

Fuente. Elaboración personal

Para lograr esto, es fundamental que se minimice la Actividad Humana:

$$\nabla Ah = [f_0(Dd, Ie, Mn, Ag, Im, Pv, Tm, Rs) - f_1(Dd, Ie, Mn, Ag, Im, Pv, Tm, Rs)] \quad (8)$$

Tal que:

$$f_0(Dd, Ie, Mn, Ag, Im, Pv, Tm, Rs) > f_1(Dd, Ie, Mn, Ag, Im, Pv, Tm, Rs) \quad (9)$$

Si la Actividad Humana depende del crecimiento del crecimiento demográfico (Dd), la intensidad energética (Ie), la industria minera (Mn), del sector agrícola y ganadero (Ag), la industria

manufacturera (Im), del parque vehicular (Pv), del sector turismo (Tm) y de los residuos sólidos (Rs), sería fundamental que se estime la dinámica de Ah, por lo tanto, se debe hacer lo siguiente:

1. La construcción del indicador de la Actividad Humana (Ah), en el periodo de 1950 a 2022.
2. Una vez construido el indicador de la Actividad Humana (Ah) en el tiempo, se plantea la relacional lineal entre este y la Temperatura Media del Planeta (Tp), con la finalidad de identificar cuáles factores de la Actividad Humana (Ah) inciden en la dinámica de Tp.
3. Con los resultados obtenidos, se procede a la construcción de dos escenarios: en el primero, se parte del que se vive en la actualidad y como sería este en los próximos años (2050); en segundo, se crea un escenario alternativo, en el cual se plantea el un control sobre la Actividad Humana (Ah), con la finalidad de reducir la Temperatura Media del Planeta (Tp).

Elementos de la investigación

Con base en lo anterior, el **objetivo general** de la presente investigación es el siguiente:

Mitigar el calentamiento global a través de la Temperatura Media del Planeta, tomando como referencia los factores que inciden en la Actividad Humana, mediante la construcción de dos modelos matemáticos, en el periodo 1880 a 2022.

Partiendo de este objetivo general, los **objetivos específicos** serían los siguientes:

- Estimar el grado de Actividad Humana mediante la construcción de un indicador estadístico de análisis factorial, tomando como referencia las variables que inciden sobre su dinámica.
- Identificar los factores de la Actividad Humana que inciden en el comportamiento de la Temperatura Media del Planeta.
- Predecir la Temperatura Media del Planeta a partir de los factores detonantes del presente fenómeno.
- Estimar la disminución que experimentaría la Temperatura Media del Planeta a partir de la reducción controlada de los factores detonantes de la Actividad Humana.

Partiendo de estos objetivos, las **hipótesis** son las siguientes:

- “En la medida que se controle el crecimiento acelerado de los factores que inciden en la Actividad Humana, va a decrecer la Temperatura Media del Planeta, y con ello, disminuiría el calentamiento global”.
- “Por cada punto porcentual que se incrementen los factores de la Actividad Humana, se va a incrementar la Temperatura Media del Planeta, y con ello, el calentamiento global”.

Por tanto, la **pregunta de investigación** es la siguiente:

- ¿El mitigar el calentamiento global a través de la Temperatura Media del Planeta conlleva a una reducción controlada de los factores que inciden en la Actividad Humana?

La realización de este trabajo de investigación tiene dos aportes: el primero, va desde el contexto teórico del fenómeno del calentamiento global, tomando como referencia los factores que inciden en la dinámica de la Actividad Humana; y segundo, la construcción de dos modelos matemáticos, ya que, mediante estos se tiene un panorama general de lo que ocurre con el calentamiento global y sus posibles efectos. Con ambas modelos, se crea un escenario en el cual se minimiza la Temperatura Media del Planeta, a partir de los factores en inciden en la dinámica de la Actividad Humana.

Sustento metodología

El minimizar el calentamiento global a partir de la Temperatura Media del Planeta, tomando como referencia los factores que inciden en la Actividad Humana, implica la construcción de dos modelos matemáticos, los se desarrollan en las siguientes fases:

- 1° fase: se construye un indicador de Actividad Humana, mediante el cual se estima el comportamiento de este fenómeno, a partir de sus factores detonantes.
- 2° fase: con base en el primer modelo, se construye otro modelo, a través del cual se predice la dinámica que tiene la Temperatura Media del Planeta, a partir de los factores de la Actividad Humana que inciden sobre dicho fenómeno.
- 3° fase: con ambos modelos, se procede a estimar los efectos que generan los factores de la Actividad Humana sobre la Temperatura Media del Planeta, y a partir de ello, crear un escenario alternativo que controle el crecimiento acelerado que ha tenido el calentamiento global en los últimos 142 años.

La construcción de estos modelos conlleva a la utilización de dos metodologías. En el primer, se parte del hecho de que se va construir un modelo de análisis factorial, por lo cual, su procedimiento es el siguiente (Peña, 2002):

1. Se hace un análisis descriptivo de la relación lineal que existe entre las variables explicativas que inciden en el comportamiento de la Actividad Humana.
2. Se hace el cálculo de los factores mediante el método de máxima verosimilitud.

3. Se seleccionan los factores que tienen mayor incidencia sobre el fenómeno en estudio, a partir del criterio de Káiser, en el cual se va seleccionar a partir de factor que tenga un valor propio (varianza del factor) mayor a uno.
4. Se evalúa la viabilidad del modelo, a partir del cumplimiento de los siguientes supuestos:
 - Ajuste total del modelo con n factores (Ho: factores = n vs. Ha: factores \neq n, tal que si P-valor 0.05 se acepta Ho).
 - Los factores comunes (scores) deben aproximarse a una distribución normal: scores $N(\mu, \sigma^2)$
 - El valor esperado de los factores se deben aproximar a cero: $E(F_i) = 0$
 - La varianza de los factores se deben aproximar a uno: $\text{Var}(F_i) = 1$
 - La covarianza de los factores se deben aproximar a cero: $\text{Cov}(F_i, F_j) = 0; \quad F_i \neq F_j$
 - La correlación de los factores se debe aproximar a cero: $\text{Cor}(F_i, F_j) = 0; \quad F_i \neq F_j$
5. Con el cumplimiento de los supuestos se procede a la interpretación de los resultados.

En el segundo modelo va a estar sustentado en la metodología de investigación de operaciones, por tanto, debe cumplir con las siguientes etapas (Noonan & Soril, 2012):

- 1° etapa - partiendo de los objetivos y del primer modelo, en esta etapa se delimitan los factores de la Actividad Humana que indiquen en el comportamiento la Temperatura Media del Planeta.
- 2° etapa - a partir de la delimitación dos factores detonantes, en esta etapa se hace la selección del tipo de modelo a utilizar.
- 3° etapa - una vez seleccionado el modelo, mediante técnicas de probabilidad, estadística y matemáticas se estiman los parámetros del modelo.
- 4° etapa - en esta etapa se evalúa la eficiencia del modelo, para lo cual, se debe cumplir con determinados supuestos básicos.
- 5° etapa - una vez validado el modelo, se procede a la interpretación de sus parámetros, así como la realización de proyecciones, mediante la generación de escenarios alternativos del fenómeno.

Si se parte del hecho de que la Temperatura Media del Planeta es resultado del incremento de la Actividad Humana (1880 - 2022), es fundamenta la construcción de los modelos planteados en este capítulo, pues mediante estos, se tiene diagnóstico sobre los efectos que produce la Actividad Humana en el calentamiento global.

Con el primer modelo se estima el grado de Actividad Humana en los últimos 60 años, a partir de las variables que se consideran como elementos detonantes del calentamiento global, pues teóricamente, solo sabe que inciden en el comportamiento del fenómeno, pero aún, no existe al cálculo de este.

Con el segundo modelo, se estima el nivel de incidencia que tienen los factores de la Actividad Humana sobre la Temperatura Media del Planeta, esto permite que se cree un escenario alternativo para poder minimizar la creciente acelerada que ha presentado en los últimos años el calentamiento global.

Proyecciones y modelamiento del Calentamiento Global y la Actividad Humana

En este capítulo se hace una recopilación de los resultados obtenidos en los distintos modelos estadísticos y matemáticos que se han construido y desarrollado en los últimos cinco años en relación al Calentamiento Global y la Actividad Humana.

Esta revisión se sustenta en el Informe que emitió el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021, en el cual, se evalúan los conocimientos científicos en relación a los efectos del fenómeno de Cambio Climático, con el objetivo de proporcionar bases científicas a los gobiernos, en todos los niveles, para la formulación de políticas públicas relacionadas al clima. La presente revisión se plantea desde dos ejes:

- En el primero: se presentan las estimaciones que han arrojado el desarrollo de distintos modelos matemáticos y estadísticos, las cuales están englobadas en las emisiones de gases efecto invernadero, así como, los efectos que ha generado la Actividad Humana sobre dicho fenómeno.
- En el segundo: se analizan los distintos modelos que se han construido para poder estimar el comportamiento del fenómeno de Cambio Climático, este análisis está enfocado a las distintas estrategias matemáticas y estadísticas que se utilizaron para para la construcción de dichos modelos.

Con esta revisión se podrá identificar los objetivos que se han establecido a nivel mundial en relación a la mitigación del Cambio Climático y la Actividad Humana, con ello, se podrán enmarcar las similitudes, bondades y diferencias que existen entre estos estudios y el que se desarrolla en el presente trabajo de investigación.

Estimaciones del cambio climático (IPCC)

Con base en el Informe presentado por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021 y a partir de los resultados obtenidos en los distintos modelos, se parte del hecho de que el Calentamiento Global se estima a través de las variaciones que experimenta la Temperatura Media del Planeta, la cual es de aproximadamente 15°C.

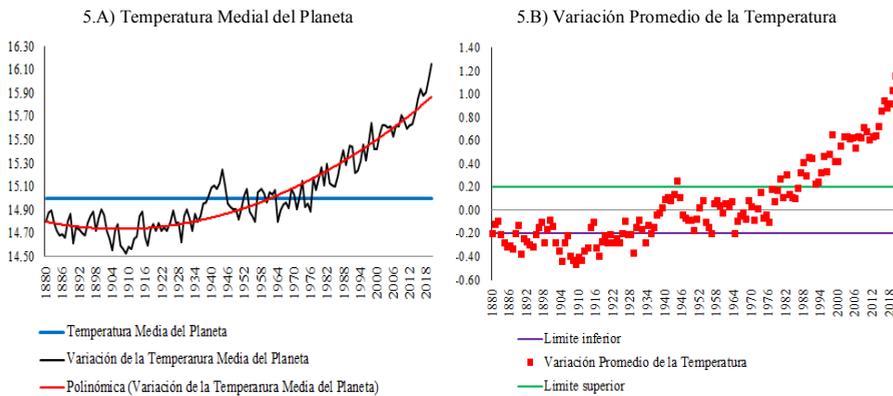


Figura 5. Tendencia de la Temperatura Media del Planeta y su variación

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

Partiendo de los indicadores anteriores, en la figura 5 se puede ver que el comportamiento del Calentamiento Global tiene una tendencia polinomial, y partiendo de Temperatura Media del Planeta (15°C), se puede observar (grafico 5.A) que la dinámica de dicho fenómeno ha sido acelerado a partir del año 1964, pues obedece a las fuertes variaciones que ha experimentado dicho fenómeno, ya que a través del gráfico 5.B, se puede ver que éstas han crecido de forma continua, pues a partir de 1976 se han salidos del límite superior (0.20°C) en su forma natural.

Tomando en cuenta la Actividad Humana, del año 1 a 1849, el Calentamiento Global ha oscilado entre -0.20°C a 0.20°C (gráfica 6.A), y es a partir del 1850 que el crecimiento ha sido acelerado, teniendo como elemento detonante la Revolución Industrial, la cual ocurrió a partir del año 1760, pues dicho evento generó un proceso profundo de transformación económica, social, cultural y tecnológico a nivel mundial.

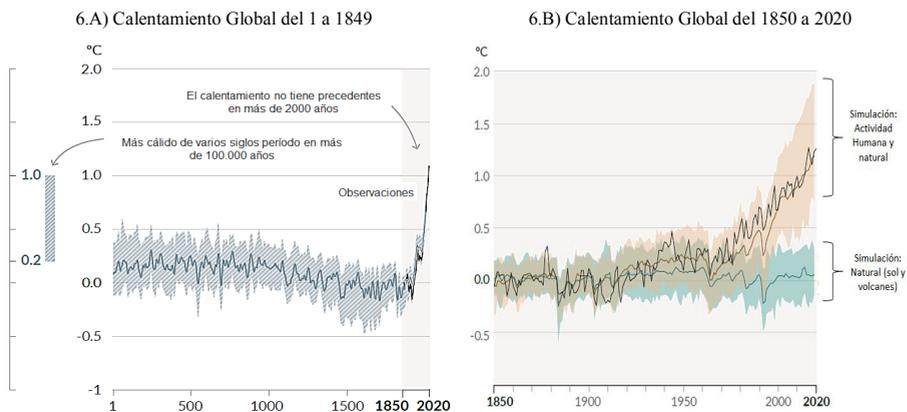


Figura 6. Comportamiento de la Temperatura Media del Planeta y la Actividad Humana

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

Partiendo de la figura 6.B, se puede ver que de 1850 a 2020 la Actividad Humana ha incrementado la Temperatura Media del Planeta en 1.30°C, si se toma como base la variación promedio que experimenta de forma natural, se puede decir que el incremento ha sido de 1.10°C. Este comportamiento, se debe en gran medida, a la acumulación de gases efecto invernadero dentro de la atmósfera, como resultado de las distintas actividades que realiza el humano.

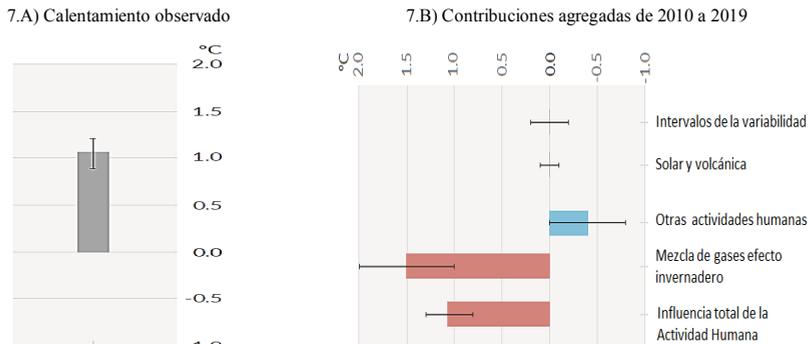


Figura 7. Contribución de la Actividad Humana

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

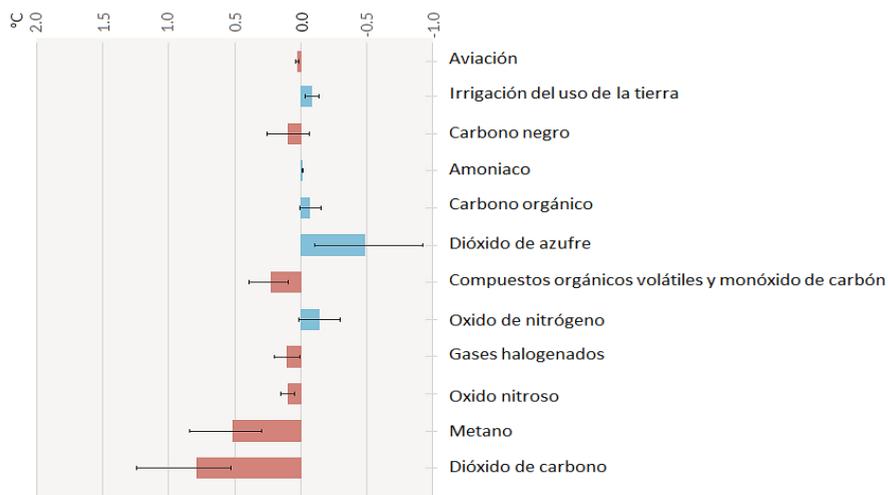


Figura 8. Contribución de otras Actividades Humanas

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

En el figura 7.B, se puede corroborar que la variaciones promedio que experimenta la Temperatura Media del Planeta oscila entre -0.20°C a 0.20°C , y que esto se debe a la actividad solar y volcánica, la

cuales forman parte de la naturaleza del planeta, no obstante, la Actividad Humana (principalmente las que utilizan energías fósiles) incide en 1°C sobre el Calentamiento Global, y que al emitir gases de efecto invernadero y al mezclarse estos, la Temperatura Media del Planeta se puede incrementar de 1.5°C a 2.0°C.

Este comportamiento se debe, en gran medida al dióxido de carbono (CO₂) y al metano (CH₄), pues el primero puede incidir de 0.75°C a 1.25°C, y el segundo, puede ir de 0.50°C a .80°C sobre la Temperatura Media del Planeta. Aunado a esto, el óxido nitroso (N₂O) y los gases halogenados inciden en un máximo de 0.25°C. Por su parte, los compuestos orgánicos y el monóxido de carbón (CO), pueden lograr una grado incidencia de aproximadamente 0.70°C.

Existen otros elementos que contrarrestan el Calentamiento Global, tal es el caso del óxido nítrico (NO_x), el carbono orgánico y la irrigación del uso de la tierra, y en mayor proporción el dióxido de azufre (SO₂), pues este puede alcanzar hasta -0.50°C sobre la Temperatura Media del Planeta.

Los efectos que ha generado el Calentamiento Global debido a la Actividad Humana han afectado a todas las regiones habitadas del mundo, estos resultados se pueden apreciar a través de la figura 9, pues en ella, se puede ver que el incremento del Calentamiento Global se ha presentado en la mayor parte del planeta, y la contribución de la Actividad Humana ha sido media y alta.

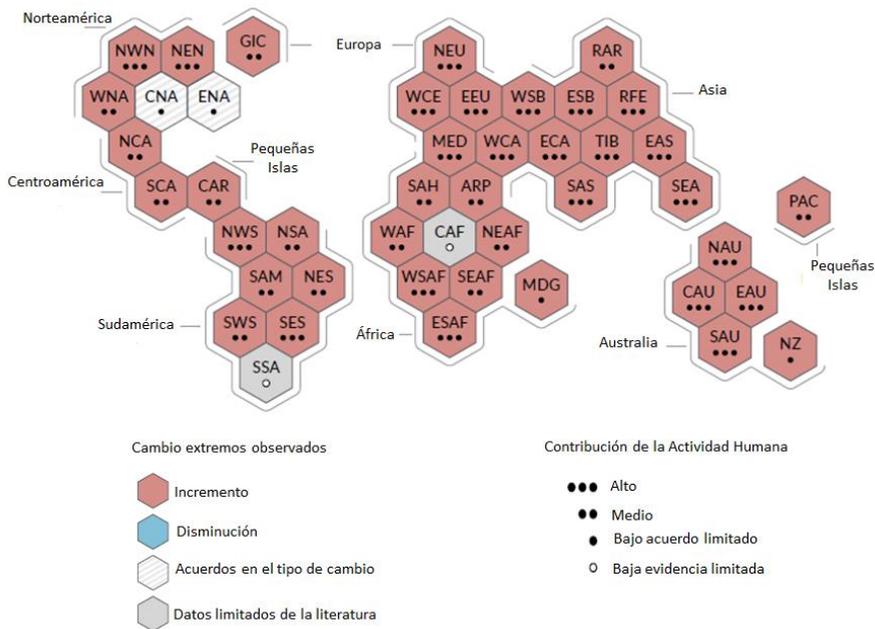


Figura 9. El Cambio Climático y la contribución de la Actividad Humana a nivel regional

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

No obstante, existen cuatro regiones en las cuales no se tiene la suficiente evidencia de tales cambios, dos de ellas se encuentra en Filadelfia, Washington, Montreal, Ottawa, y Quebec, entre otras, esta región se clasifica como acuerdos en el tipo de cambio limitado; por otro lado, existen dos regiones, la primera se localizan en Argentina, Chile, Uruguay, Paraguay y parte de Brasil; la segunda, se encuentra en Sudán, República de Centroafricana y República del Congo, este dos grupos se clasifican como datos limitados de la literatura.

En relación a la precipitación, en la figura 10 se pueden apreciar de la presencia de 19 regiones, de las cuales, 6 forman parte del grupo donde el incremento de la precipitación se considera como un bajo acuerdo limitado, es decir, carece de sustento científico; por otro lado, 7 forman parte del grupo donde los datos que se tienen se basan en la literatura, por tanto, existe una evidencia limitada; y finalmente, 6 forman parte del grupo de cambios de precipitaciones con acuerdo limitado, es decir, los acuerdos tiene determinadas limitaciones para su ejecución.

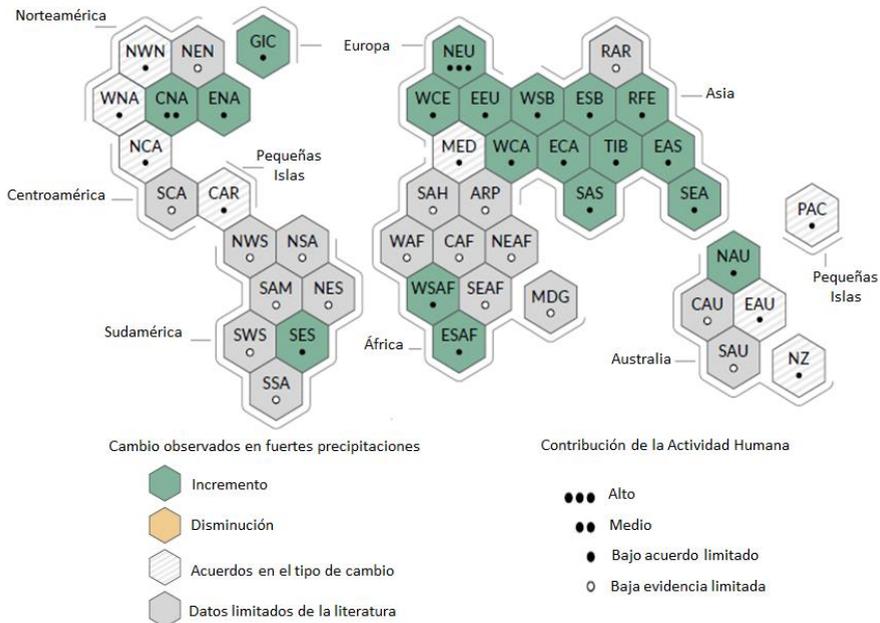


Figura 10. El Cambio Climático y la contribución de la Actividad Humana en precipitaciones intensas

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

En la parte agrícola y de sequía, en la figura 11 se puede ver la presencia de 17 regiones, donde 7 de ellas forman parte del grupo que tienen un acuerdo limitado en referencia a los efectos que ha producido el Calentamiento Global sobre este sector; hay otro grupo de 6 regiones, los cuales corresponde a aquellos donde la incidencia de la Actividad Humana sobre el Calentamiento Global ha decrecido; 3 de ellos, forman parte del grupo donde los datos son limitados por la literatura, pues no existe evidencia, y hay una sola región donde la evidencia es limitada sobre el incremento que ha presentado el Calentamiento Global a partir de la Actividad Humana.

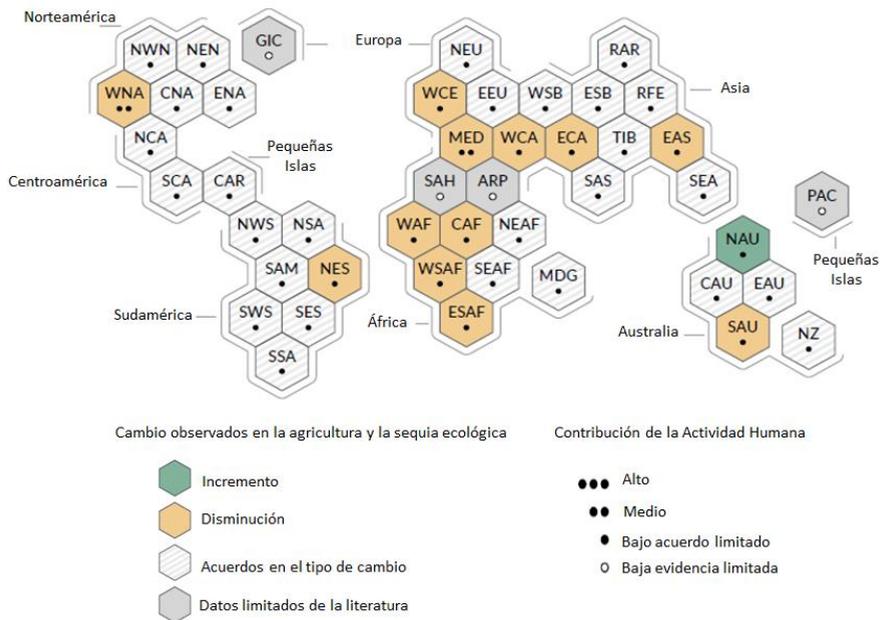


Figura 11. El Cambio Climático y la contribución de la Actividad Humana en la agricultura y la sequía
Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

Otro de los apartados de su importancia dentro del Informe presentado por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021, se encuentran las proyecciones a futuro de dicho fenómeno, en ellas se toma en cuenta la actividad solar y volcánica, que son parte de la naturaleza del Planeta. Estas proyecciones se clasifican en tres contextos: en el primero, se hace una estimación a corto plazo, que va de 2021 a 2040; en el segundo, las estimaciones son de mediano plazo y van del 2041 al 2060; y en el tercero, van del 2061 al 2100.

Con estas proyecciones se plantean cinco escenarios, los cuales cubren las posibles estimaciones a futuro que son impulsados a través de los gases antropogénicos del cambio climático, que son resultado de determinadas condiciones económicas, y estas van a incidir en el grado de mitigación, tomando como base la utilización de aerosoles y que son planteados a partir del año 2015, estos escenarios son los siguientes:

- Primer escenario (SSP1-1.9): con emisiones muy bajas y con altos niveles de mitigación.
- Segundo escenario (SSP1-2.6): con emisiones bajas con alta y moderada mitigación.
- Tercer escenario (SSP2-4.5): con moderadas emisiones y de mitigación.
- Cuarto escenario (SSP3-7.0): con altas emisiones y baja mitigación.
- Quinto escenario (SSP5-8.5): con muy altas emisiones y muy baja mitigación.

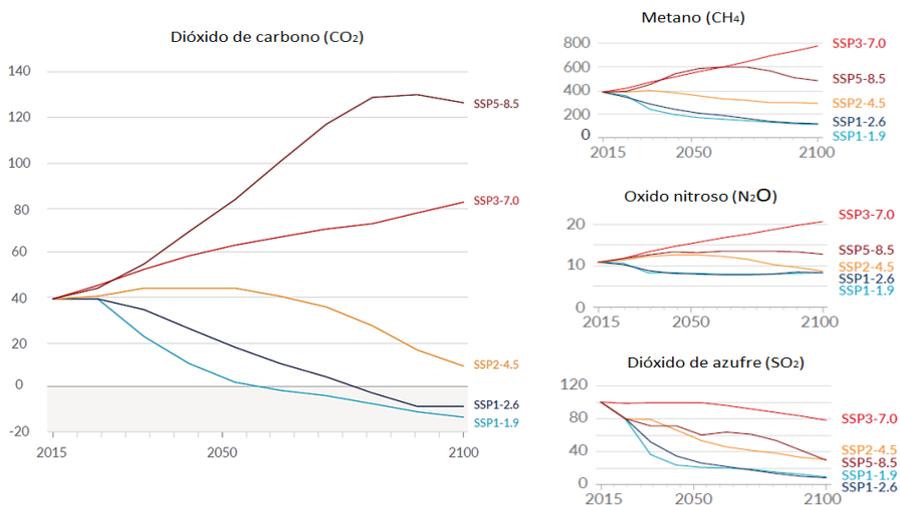


Figura 12.

Futuras emisiones de CO₂, CH₄ y SO₂

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

A través de las figuras 12 y 13 se puede observar que en los cinco escenarios, la emisión de mayor peso es el CO₂, sin embargo, el CH₄ se puede considerar como la segunda fuente de emisión de gases que tiene mayor incidencia sobre el Calentamiento Global, pues al hacer su equivalencia² a CO₂, y partiendo de los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5, las emisiones serían de aproximadamente de 20 y 35 billones de toneladas.

2. El CO₂ equivalente es una medida para expresar en términos CO₂ el nivel de calentamiento global. 1 tonelada de CH₄ es equivalente a 25 toneladas de CO₂ (Transición ecológica, 2018)

$$\text{SSP3-7.0} \quad \left(\frac{1\text{CO}_2}{25\text{CH}_4} \right) * 500\text{CH}_4 = 20\text{CO}_2 \quad (10)$$

$$\text{SSP5-8.5} \quad \left(\frac{1\text{CO}_2}{25\text{CH}_4} \right) * 800\text{CH}_4 = 32\text{CO}_2 \quad (11)$$

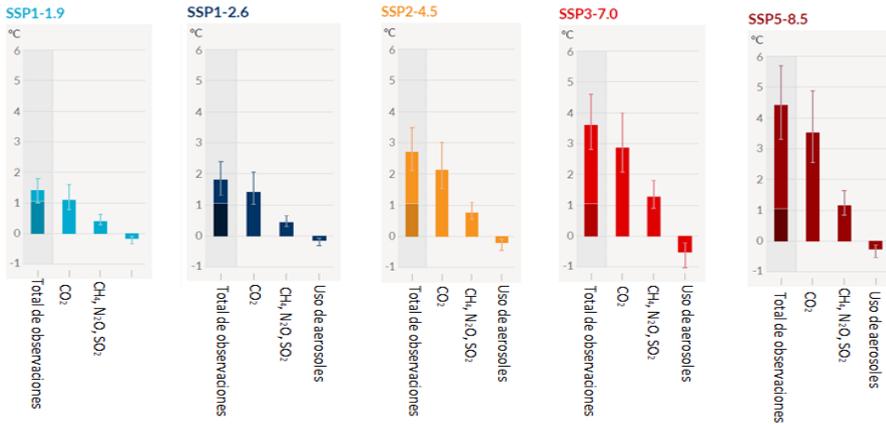


Figura 13. Contribución al aumento de la temperatura de la superficie global de distintas emisiones

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

En estos escenarios (SSP3-7.0 y SSP5-8.5) se podrían alcanzar temperaturas catastróficas de 3.80° a 4.50°C y de 4.50°C a 5.70°C para el año 2210, es decir, la Temperatura Media del Planeta oscilaría en entre 18.80°C a 19.50°C, teniendo como principal efecto la desaparición del humano, debido a las modificaciones que sufrirían la fauna, la flora, los océanos, y los polos, entre otros elementos proporcionan vida.

Escenario	2021 a 2040		2041 a 2060		2081 a 2100	
	Estimación (°C)	Rango de variación (°C)	Estimación (°C)	Rango de variación (°C)	Estimación (°C)	Rango de variación (°C)
SSP1-1.9	1.50	1.20 a 1.70	1.60	1.20 a 2.00	1.40	1.00 a 1.80
SSP1-2.6	1.50	1.20 a 1.80	1.70	1.30 a 2.20	1.80	1.30 a 2.40
SSP2-4.5	1.50	1.20 a 1.80	2.00	1.60 a 2.50	2.70	2.10 a 3.50
SSP3-7.0	1.50	1.20 a 1.80	2.10	1.70 a 2.60	3.60	2.80 a 4.60
SSP5-8.5	1.60	1.30 a 1.90	2.40	1.90 a 3.00	4.40	3.30 a 5.70

Tabla 1.

Tendencia por escenario

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

Con base a la tabla 1 y partiendo de las estimaciones y de las proyecciones a futuro del 2021 a 2040, se puede ver que los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 están más acorde a la actualidad, y de continuar con esa tendencia, la variación promedio de Temperatura Media del Planeta va a oscilar de 1.20°C a 1,80°C y de 1.30°C a 1.90°C

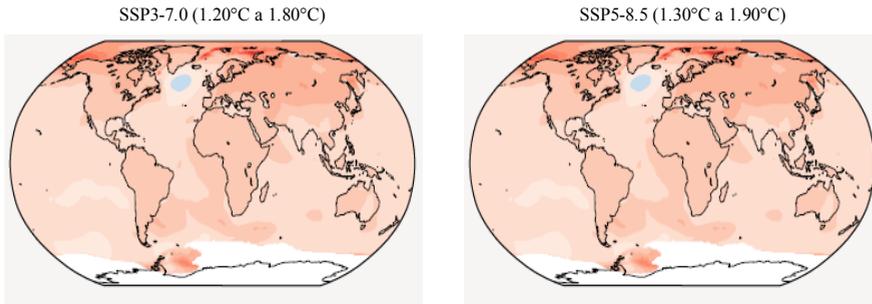


Figura 14. Escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 del 2021 al 2040

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

Partiendo de esos escenarios (SSP3-7.0 y SSP5-8.5), las proyecciones a futuro del 2041 al 2060, tendría como implicación que la variación promedio de la Temperatura Media del Planeta oscilaría entre 1,70°C a 2.60°C y 1.90°C a 3.00°C, por tanto la vista del planeta en ambos escenarios sería de la siguiente forma (figura 15):

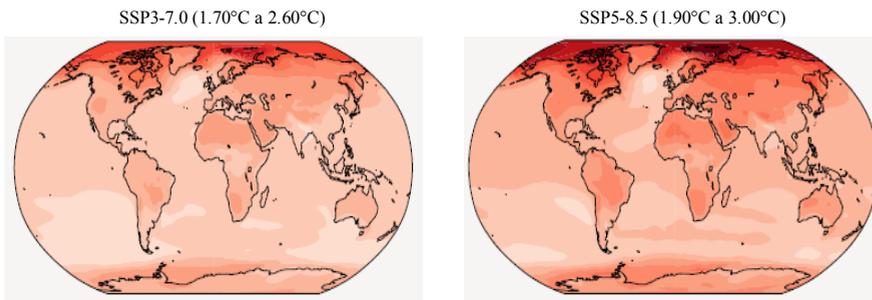


Figura 15. Escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 del 2041 al 2060

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

Estas proyecciones (2041 a 2060) tendría como implicaciones el deterioro de ambos polos, con mayor efecto, el polo norte, y con ello, el crecimiento del nivel del mar, esto implicaría la modificación de la corteza terrestre, por tanto, desaparecería algunas especies de la fauna, la tierras agrícolas sufrirían erupciones en la superficie, por lo cual, no se serian adecuadas la siembra y cosecha de productos alimentarios. De continuar con esa tendencia, en ambos escenarios (SSP3-7.0 y SSP5-8.5), del 2081 al

2100, la variación promedio de la Temperatura Media del Planeta oscilaría entre 2.80°C a 4.60°C y 3.30°C a 5.70°C (figura 16).

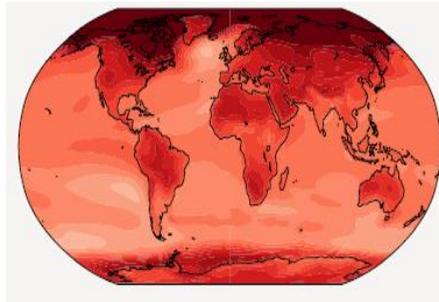


Figura 16. Escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 del 2081 al 2100

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

Esto se traduciría en olas de calor, sequías, incendios, ciclones o inundaciones con mayor frecuencia y cada vez más severas. Con un incremento acelerado de la Temperatura Media del Planeta, sus efectos se traducirían en (Acción, 2019):

- Mayor vulnerabilidad de los países pobres: debido a la ubicación territorial, las comunidades más pobres estarían condenadas al nulo desarrollo debido a la exposición que tendrían sobre los fenómenos meteorológicos. Esto es un resultado contradictorio, pues son los que menos han contribuido al Cambio Climático, de los 3,500 millones de pobres, ellos son responsables del 10% de las emisiones de carbono.
- Efectos colaterales en la salud: el tener contaminado el aire, el agua potable y los alimentos, con lleva, un aumento del riesgo de transmisión de enfermedades, como el dengue, la malaria, y las enfermedades respiratorias, entre otras, pues de continuar con estos escenarios, implicaría la defunción de más 250 mil personas adicionales por año, debido a la malnutrición, el paludismo, la diarrea y el estrés calórico.
- Pérdida de la calidad de vida: la presencia de desastres naturales incrementaría la pérdida de cultivos, ganado e infraestructura, como resultado de la sequía, haría que se perdieran más 12 millones de hectáreas en las que se podrían obtener más de 20 millones de toneladas en granos, por tanto, reduciría la producción de alimentos básicos en muchas regiones pobres, por tanto, aumentaría los niveles de malnutrición y desnutrición.
- Escases de agua segura: las zonas afectadas por la sequía, la falta de lluvias o la evaporización de lagos y ríos se enfrentarían a serios problemas para acceder al agua potable.

- Movilidad humana: la presencia de estos escenarios implica la presencia de desplazamientos ambientales, es decir, la población de determinadas regiones se van a ver obligadas abandonar su entorno debido a la degradación de la tierra, la desertificación, la sequías, los desastres naturales o por la competencia por los recursos naturales.
- Deterioro de los recursos naturales y de energía: la deforestación y desaparición de ecosistemas, la pérdida de recursos marinos y costeros y el agotamiento de recursos naturales son efectos del Cambio Climático, aunado a la quema de combustibles fósiles y su alto contenido en carbono.

Los efectos de estos escenarios (SSP3-7.0 y SSP5-8.5) se pueden apreciar a través de la figura 17, del 100 por ciento de la emisión de gases efecto invernadero equivalente a CO₂, el 56 y 62 por ciento de ellos se acumulan en la atmósfera, en tanto, el resto es absorbido a través de la tierra y de los océanos, por lo cual, es fundamental que se invierta esta tendencia, es decir, se necesitan crear mayor número de sumideros de CO₂, de tal forma que se llegue a los escenarios SSP1-1.9 y SSP1-2.6, donde la absorción de CO₂ a través de la tierra y de los océanos sería del 70 y 65 por ciento.

Para lograr los escenarios SSP1-1.9 y SSP1-2.6, se requieren de políticas públicas que incentiven la creación de sumideros CO₂, en los cuales “se canaliza el agua, los nutrientes o cualquier tipo de compuesto físico o químico, o que sirva de almacenamiento de los mismos”, tal es el caso de los bosques, pues tiene el papel de absorción de CO₂ de la atmósfera y la consiguiente reducción del efecto invernadero (Torres, 2007).

Con base a la Convención Marco de Cambio climático de 1992, se define a un sumidero de gases efecto invernadero, dentro de cualquier proceso o actividad, como el mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera alguno de estos tipos de gases o uno de sus precursores, o bien un aerosol y que lo almacena.

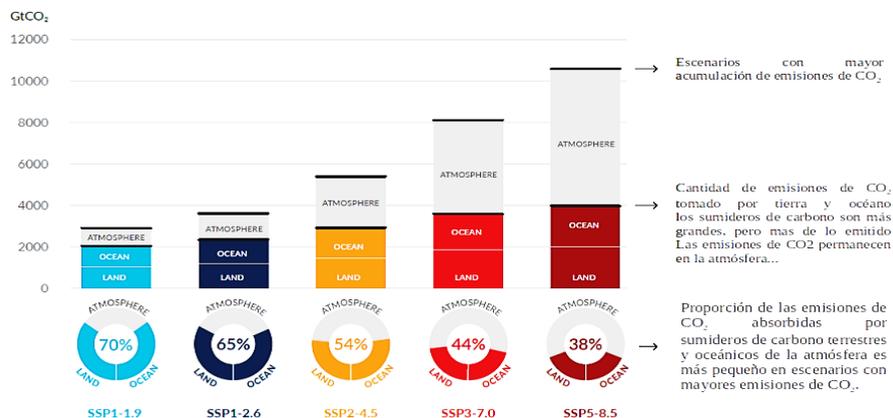


Figura 17. Efectos de los escenarios

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

En el protocolo de Kioto de 1997, se establecieron las actividades de uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (creación de nuevos bosques, gestión forestal y gestión de tierras agrícolas, entre otras) que se traducen en una captura de CO₂ presente en la atmósfera y su almacenamiento posterior en forma de materia vegetal. Esta captura de CO₂ contribuiría a reducir la concentración de los gases efecto invernadero, y por lo tanto, mitigarían el Cambio Climático.

Con el protocolo de Kioto, los países que lo ratificaron y que se comprometieron a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera, ratificaron la utilización de la absorción de CO₂ mediante el manejo de sumideros, los cuales contemplan las siguientes actividades (Torres, 2007):

- Forestación: creación de bosques, como fruto de la Actividad Humana, mediante la plantación, siembra o fomento de semilleros naturales.
- Reforestación: creación de bosques, como resultado de la Actividad Humana, en tierras que tuvieron bosques pero que actualmente están deforestadas, mediante la plantación, siembra o fomento de semilleros naturales.
- Deforestación: como fuente de emisión, conservación de tierras con bosques en tierras no forestales como resultado directo de la Actividad Humana.
- Actividades adicionales: gestión de bosques (mediante funciones ecológicas, económicas y sociales de manera sostenible) y gestión de tierras agrícolas (mediante la aplicación de prácticas en tierras dedicadas a cultivos agrícolas y en tierras mantenidas en reserva o no utilizadas temporalmente para la producción agrícola, que mantengan o

aumenten el contenido de carbono, principalmente en el suelo, como el barbecho sin suelo desnudo).

Partiendo de estas proyecciones y de los escenarios que se presentaron en el Informe Intergubernamental de Cambio Climático 2021, y a partir de los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, en el siguiente apartado se hace una exploración sobre los posibles modelos que utilizaron para estimar estos resultados.

La revisión de estos modelos va a permitir la identificación de las estrategias metodológicas y de matemáticas que han utilizados los expertos de Cambio Climático, y con ello, resaltar las bondades que tienen estos modelos, con respecto a los que se desean construir en este trabajo de investigación.

Modelos del calentamiento global (IPCC)

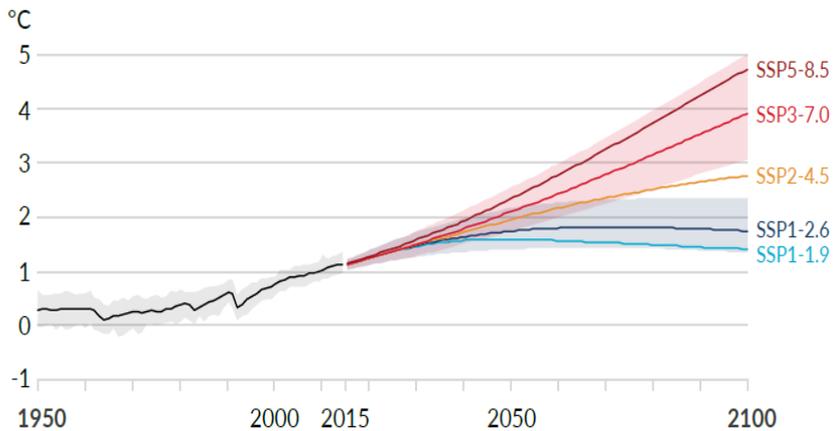
Un modelo matemático se define como la representación simplificada de la realidad de un determinado fenómeno (económico, social, biológico, y ambiental, entre otros), cuyos elementos esenciales son variables y funciones, cuyas relaciones se expresan a través de expresiones algebraicas, las cual corresponde al mundo real que se modelizan (Morales,2015).

Con base a las proyecciones (2021 a 2040, 2041 a 2060 y de 2061 a 2100) y de los escenarios (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5) planteados dentro del Informe presentado por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021, con base a la figura 18, se pueden considerar al al tiempo (t) el factor determinante de la variación experimenta la Temperatura Media del planeta (VTp):

$$VTp = f(t) \quad (8)$$

Con base a la expresión algebraica (8), las estrategias de moldeamientos son las siguientes:

1. Partiendo de los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 se construye un modelo de series de tiempo a partir de la Metodología Box Jenkins.
2. Para los demás escenarios, se curre a los modelos dinámicos determinísticos.



Humana como un elemento detonan del incremento que ha experimental la Temperatura Media del Planeta en los últimos 150 años, mediante la estimación del cálculo de gases efecto invernadero que emite a través de la quema de combustibles fósiles. Sin embargo, no proporcionan los parámetros de la Actividad Humana y su incidencia en el Calentamiento Global.

Modelo de Series de Tiempo en el escenario SSP3-7.0

Una serie temporal (serie cronológica o histórica), se puede definir como una sucesión de observaciones de una variable en distintos momentos del tiempo, cuyo objetivo es el dar evidencia del comportamiento de una variable en el tiempo, bajo el supuesto de que no se van a producir cambios estructurales para la realización de predicciones (Jiménez, Gázquez y Fernández).

La estructura de un modelo de series de tiempo (Villavicencio, 2010):

$$Y_t = \mu_t + \psi_t + \gamma_t + \varepsilon_t \quad (9)$$

Donde:

- μ_t es la tendencia.
- ψ_t es el ciclo.
- γ_t es el componente estacional.
- ε_t es el componente irregular.

La característica de las series de tiempo radica en la flexibilidad para recoger los cambios en el comportamiento de la serie mediante la consideración de sus diferentes componentes como procesos estocásticos dirigidos por perturbaciones aleatorias, tal que (Villavicencio,2010):

- La tendencia (μ_t), es el componente que indica la dirección en que se mueve la serie en el largo plazo, pues se asume como un proceso estocástico cuyo valor en un instante dado del tiempo es el resultado de añadir al valor del componente en el instante anterior un determinado incremento de carácter aleatorio y un término de perturbación aleatoria.
- El ciclo (ψ_t), este componente presenta secuencias alternas de puntos abajo y arriba de la línea de tendencia que duran más de un año, esta variación se mantiene después de que se han eliminado las variaciones o tendencias estacional e irregular.
- El componente estacional (γ_t), representa la variabilidad en los datos debida a influencias de las estaciones, estas variación corresponde a los movimientos de la serie que recurren año tras año en los mismos meses del año poco más o menos con la misma intensidad.
- El componente irregular (ε_t) es un proceso irregular de un proceso de ruido blanco, es una secuencia de variables aleatorias no correlacionadas serialmente, con media constante e igual a cero y varianza constante e igual a σ_ε^2 .

Entre las técnicas de series de tiempo existen algunas más sencillas, como los modelos autorregresivos de primer orden, los modelos de tendencia lineal o exponencial, y los modelos de Box - Jenkins, entre otros.

El análisis de series de tiempo proporciona una solución ideal para el tratamiento de una serie de datos que se encuentran correlacionados. El uso de esta técnica se encuentra ampliamente difundida en ámbitos, así en sectores de muy diversa naturaleza, demostrando su validez predictiva y su utilidad en la ayuda de la toma de decisiones, esto se debe, principalmente, a que las predicciones a corto plazo que proporciona sirve como un excelente complemento a la información estadística disponible.

Bajo este contexto, en este apartado se construye un modelo de series de tiempo probabilístico del calentamiento global, a partir de la variación de la Temperatura Media del Planeta, con la finalidad de identificar el modelo que desarrollo el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático.

Con este modelo, se identifica la dinámica que experimenta la Temperatura Media del Planeta partiendo del escenario SSP3-7.0, en el periodo 1950 a 2020, con base a los reportes de la temperatura global de la Agencia de Protección al Ambiente (APA) de Estados Unidos. La construcción de este modelo se sustenta a partir de dos elementos: la metodología de Box Jenkins y en los modelos ARIMA.

La construcción de un modelo de series de tiempo a través de la metodología Box Jenkins se realiza a través de las siguientes etapas (Makridakis y Hibon, 1995):

- 1ª etapa: se detecta el tipo de proceso estocástico que han de seguir los datos. Esto conlleva formar una serie estacionaria, por lo cual, se efectúa las pruebas de estacionaridad a la serie original. En caso de que no sea estacionaria, la variable en estudio puede diferenciarse “n” veces, hasta que lo sea.
- 2ª etapa: en esta etapa se estiman los coeficientes de los términos autorregresivos y de media móvil incluidos en el modelo. Algunas veces la estimación se efectúa por medio del método de mínimos cuadrados o máxima verosimilitud.
- 3ª etapa: se evalúa la eficiencia del modelo de series de tiempo, pues mediante el análisis de los coeficientes o parámetros del modelo, la evaluación de la bondad de ajuste y el análisis de los residuales.
 - 1) Análisis de los coeficientes: el modelo de estimado debe cumplir con las condiciones de estacionaridad e invertibilidad y que exista significancia estadística en los rezagos incorporados.
 - 2) Bondad de ajuste: es fundamental identificar cuál de los modelos presentan mejor ajuste. Para hacer esa verificación se utiliza R^2 ajustado, el Drubin Watson y el Akaike.
 - 3) Análisis de los residuales: se grafican los residuales en función del tiempo, con la finalidad de que sean homocedásticos y que tengan varianza constante, para eso se hacen pruebas de autocorrelación serial de orden superior y de he
- 4ª etapa: se predice un periodo futuro (de 78 años) a partir del modelo seleccionado, es decir, aquel que es mejor resultante de las etapas anteriores.

Para la construcción de la series de tiempo se recurre a la aplicación de los modelos ARIMA, también conocidos como modelos paramétricos que tratan de obtener la representación de una serie en términos de la interrelación temporal de sus elementos.

El modelo ARIMA permite describir un valor como una función lineal de datos anteriores y errores debidos al azar, debe incluir un componente cíclico o estacional, debe contener todos los elementos necesarios para describir el fenómeno, para este tipo de modelamiento se recomienda como mínimo 50 observaciones en la serie temporal. Un modelo ARIMA se compone de tres componentes (Grandell, 2013):

- AR(p) es el componente autoregresivo.

- I(d) es el componente integrado.
- MA(q) es el componente de medias móviles.

Un modelo autoregresivo AR(p) describe un proceso particular donde las observaciones en un momento dado son predecibles a partir de las observaciones previas del proceso más un término de error (Grandell, 2013).

Para un autoregresivo de orden “p”, tal que ARIMA(p,0,0), o bien, AR(p):

$$AR(p) \equiv X_t = \Phi_1 X_{t-1} + \Phi_2 X_{t-2} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + a_t \quad (10)$$

Mediante el operador de cambio retroactivo α :

$$(1 - \Phi_1 \alpha - \Phi_2 \alpha^2 - \dots - \Phi_p \alpha^p) X_t = a_t \rightarrow \alpha^K (X_t) = X_{t-k} \quad (11)$$

Un AR(p) es estacionario si las raíces del polinomio en α dado por $1 - \Phi_1 \alpha - \Phi_2 \alpha^2 - \dots - \Phi_p \alpha^p$, esta condición es equivalente a las raíces de la ecuación: $X^p - \Phi_1 X^{p-1} - \Phi_2 X^{p-2} - \dots - \Phi_{p-1} X \Phi_p = 0$ sean todas inferiores a uno en módulo. Un AR(p) siempre es invertible.

Un modelo de medias móviles MA(q) es una serie temporal estacionaria, en el cual, el valor actual puede estimarse a partir del componente aleatorio de este momento y, en menor medida, de los impulsos aleatorios anteriores (Shumway and Stoffer, 2011).

El proceso de medias móviles de orden “q”, tal que ARIMA(0,0,q) o MA(q), se expresaría de la siguiente forma:

$$X_t = a_t - v_1 a_{t-1} - v_2 a_{t-2} - \dots - v_q a_{t-q} \quad (12)$$

Tomado en cuenta el operador de cambio retroactivo α :

$$X_t = (1 - v_1 \alpha - v_2 \alpha^2 - \dots - v_q \alpha^q) a_t \quad (13)$$

Un MA(q) es siempre estacionario e invertible si las raíces del polinomio en α tienen la condición de $1 - v_1 \alpha - v_2 \alpha^2 - \dots - v_q \alpha^q$, que es equivalente a las raíces de la ecuación $X^q - \Phi_1 X^{q-1} - \Phi_2 X^{q-2} - \dots - \Phi_{q-1} X \Phi_q = 0$, y son inferiores a uno en el modelo.

La extensión de ambos modelos AR(p) y MA(q) se define como ARIMA(p,0,q) y su representación es:

$$X_t = \Phi_1 X_{t-1} + \Phi_2 X_{t-2} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + a_t - v_1 a_{t-1} - v_2 a_{t-2} - \dots - v_q a_{t-q} \quad (14)$$

Tal que:

$$X_t(1 - \Phi_1 \alpha - \Phi_2 \alpha^2 - \dots - \Phi_p \alpha^p) = a_t(1 - v_1 \alpha - v_2 \alpha^2 - \dots - v_q \alpha^q) \quad (15)$$

A este proceso se le llama ARMA(p,q) y es estacionario si lo es su componente autorregresivo, y es invertible si lo es su componente de medias móviles.

Un modelo ARIMA(p,d,q) es una serie de tiempo que se convierte en ruido blanco después de ser diferenciado “d” veces y se expresa de la siguiente forma:

$$(1 - \Phi_1 \alpha - \Phi_2 \alpha^2 - \dots - \Phi_p \alpha^p)(1 - \alpha)^d X_t = (1 - v_1 \alpha - v_2 \alpha^2 - \dots - v_q \alpha^q) \quad (16)$$

Un modelo ARIMA(p,d,q) describe una serie de observaciones después de que hayan sido diferenciado “d” veces, con la finalidad de extraer las posibles fuentes de no estacionaridad. Para poder identificar un modelo ARIMA(p,d,q), se debe definir a un proceso estocástico $(X_t)_{t=1,2,3,\dots}$ como una colección de variables aleatorias X_t ordenadas de acuerdo con el parámetro “t” tiempo (Grandell, 2013).

Con base en lo anterior, el valor esperado del proceso estocástico se define por $u_t = E(X_t)$, y su función de autocovarianza es:

$$g(t, t+k) = \text{cov}(X_t, X_{t+k}) = E([X_t - E(X_t)][X_{t+k} - E(X_{t+k})]) \quad (17)$$

De tal forma que (Shumway and Stoffer, 2011):

- La función de varianza de un proceso es $g(t, t) = \text{Var}(X_t)$
- La función de auto correlación es $h(t, t+k) = \frac{g(t, t+k)}{\sqrt{g(t, t)g(t+k, t+k)}}$

Un proceso estocástico es estacionario si los vectores $[X_{t1}, X_{t2}, \dots, X_{tn}]$ y $[X_{t1+s}, X_{t2+s}, \dots, X_{tn+s}]$ tienen la misma función de distribución de probabilidad, esto implica que las características del proceso estocástico no sufren alteración en tiempos históricamente diferentes. Desde un sentido amplio, se presenta cuando se verifica que $u_t = u < \infty$ y $g(t, t+k) = g_k < \infty$, donde la media del proceso es constante, pues no depende del tiempo, y la autocovarianza es solo función del lapso temporal considerado, y no del tiempo histórico (Shumway and Stoffer, 2011).

En procesos estacionarios se hace la estimación de la autocorrelación $h_k = \frac{\text{Cov}(X_t, X_{t-k})}{\text{Var}(X_t)}$. Se denomina correlograma del proceso la representación gráfica h_k en ordenadas y “k” en abscisas. Dentro de una

serie estacionaria disminuye sensiblemente a medida que aumenta el desfase temporal “k” (Shumway and Stoffer, 2011).

La delimitación temporal del escenario SSP3-7.0 está demarcado en un periodo de 70 años (1950 a 2020). Los datos que proporciona la organización de cambio climático global de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos son trimestrales. Por ende, el modelo de series de tiempo de la Temperatura Media del Planeta es trimestral.

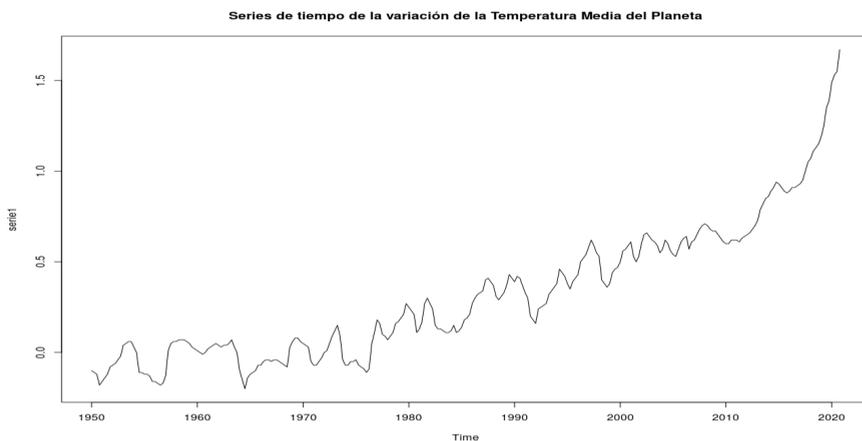
1) Identificación del modelo

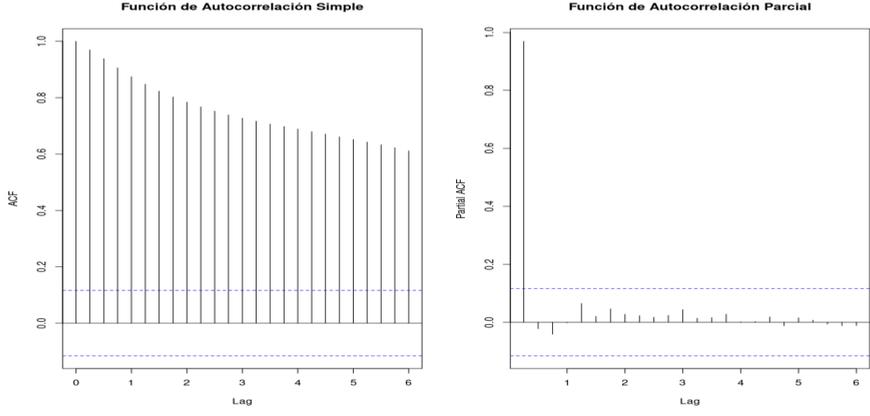
En este apartado se hace la selección del modelo más adecuado para pronosticar la serie de tiempo, lo cual se hace mediante la evaluación de la estacionaridad. Este debe cumplir con lo siguiente (Shumway and Stoffer, 2011):

- Media: $E(Y_t) = \mu$
- Varianza: $\text{Var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$
- Covarianza: $\gamma_t = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+1} - \mu)]$

Con base en la figura 19, se puede observar que la serie de tiempos tiene tendencia. Por tanto, existe la sospecha de no estacionaridad. Esto también se puede corroborar mediante el correlograma de la temperatura de la figura 20, en la cual se puede ver que la serie tiene aun decrecimiento suavizado, lo que quiere decir que no tiene estacionaridad.

A partir de la figura 20, una opción más formal es mediante la prueba de raíces unitarias de Dickey Fuller. En el recuadro de las raíces unitarias se puede observar que con un P - valor de 0.99 no hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Por tanto, hay raíz unitaria y no existe estacionaridad.





Elaboración personal

Prueba de estacionaridad de Dickey – Fuller:

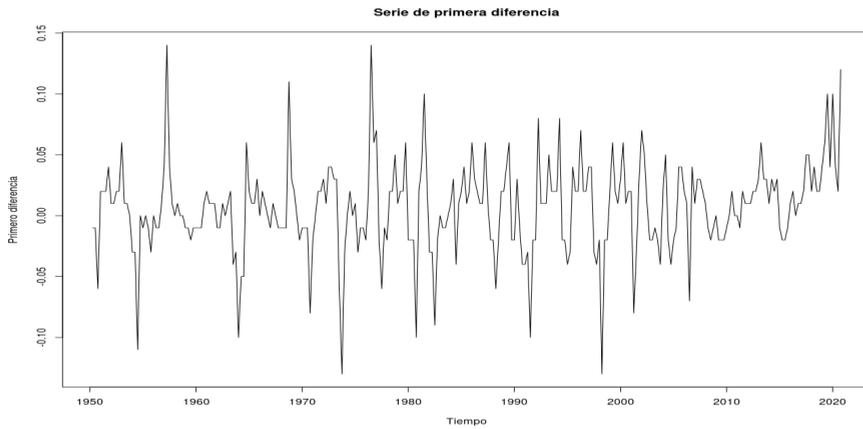
Dickey Fuller = 0.031961, lag order = 6, P - valor = 0.99

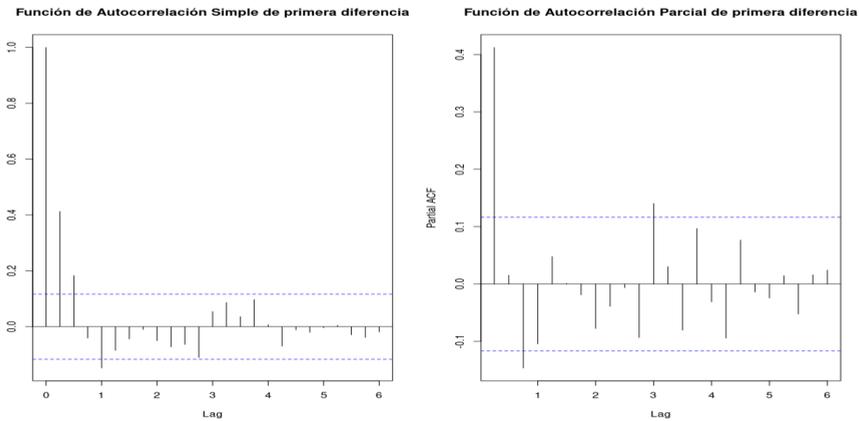
Tal que:

Ho: No estacionaridad vs. Ha: Estacionaridad

Si el P - valor es inferior a 0.05 se acepta Ho, es decir, no hay estacionaridad.

Tomando la primera diferencia, se tiene que:





Al tomar la primera diferencia se observa que la serie es estabiliza en torno al valor medio (figura 21). Así mismo el correlograma confirma un declinamiento rapido en el tiempo de la AFC y PAFC (figura 22).

Prueba de estacionaridad de Dickey – Fuller:

$$\text{Dickey Fuller} = -6.103, \text{ lag order} = 6, \text{ P - valor} = 0.01$$

Tal que:

$$H_0: \text{ No estacionaridad vs. Ha: Estacionaridad}$$

Si el P - valor es inferior a 0.05 se acepta H_0 , es decir, no hay estacionaridad.

El valor estadístico es -6.103 con un P - Valor menor a 0.05 por lo que la hipótesis nula se rechaza. La serie en primera diferencia es estacionaria. en los correlogramas se puede observar lo siguiente:

- En la ACF, la primera autocorrelación es significativa y además parece ser que los valores de la PACF disminuyen en forma oscilatoria, por tanto, hace pensar la presencia de dos modelos: ARIMA(3,1,2) y ARIMA(2,1,3).

2) Ajuste del modelo

Una vez seleccionado los modelos tentativos, se deben estimar los parámetros para estos modelos.

Call: **MODELO 1**

```

arima(x=diff(serie1), order = c(3,1,2) method = "LM")
Coefficients:
      ar1      ar2      ar3      ma1      ma2
 0.8134 -0.0967 -0.1630 -1.3962  0.4095
s.e.  0.3471  0.1717  0.0648  0.3540  0.3491
sigma^2 estimated as 0.001132: log likelihood = 554.94
AIC = 1097.88

```

```

Zt test of coefficients:
      Estimate Std. Error Z value P - valor
ar1  0.8134   0.3471   2.3435  0.0191 *
ar2 -0.0967   0.1716  -0.5636  0.5731
ar3 -0.1630   0.0647  -2.5172  0.0118 *
ma1 -1.3961   0.3539  -3.9443  0.0000 ***
ma2  0.4095   0.3491   1.1731  0.2407

```

Tabla 2. Parámetros del primer modelo

Fuente. Elaboración personal

Call: **MODELO 2**

```

arima(x=diff(serie1), order = c(2,1,3) method = "LM")
Coefficients:
      ar1      ar2      ar3      ma1      ma2
 0.8421 -0.5036 -1.4254  0.8541 -0.4108
s.e.  0.2394  0.1484  0.2418  0.2771  0.1111
sigma^2 estimated as 0.001132: log likelihood = 555.64
AIC = 1099.28

```

```

Zt test of coefficients:
      Estimate Std. Error Z value P - valor
ar1  0.8421   0.2393  3.5178  0.0000 ***
ar2 -0.5036   0.1484 -3.3941  0.0006 ***
ma1 -1.4254   0.2418 -5.895   0.0000 ***
ma2  0.8541   0.2771  3.0834  0.0021 **
ma3 -0.4108   0.1111 -3.6966  0.0002 ***

```

Tabla 3. Parámetros del segundo modelo

Fuente. Elaboración personal

Para escoger el mejor modelo se debe encontrar el Criterio de Información de Akaike (AIC) para un conjunto de modelos y comparar los modelos con los valores de AIC más bajos. Los resultados son similares en cuanto al valor de AIC y σ^2 por lo que se decide por el modelo 2.

3) Validación del modelo

A través de la figura 22, se muestra una posible estacionaridad entre los residuales del modelo, esto se puede confirmar con el correlograma, pues presenta una media μ alrededor del cero. Los correlogramas muestran que no existe autocorrelación significativa en los residuales.

Box-Pierce test data: arima2\$residuals
X-squared = 0.0048179, df = 1, p-value = 0.9447

Pues con un P – Valor mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula, por tanto no existe autocorrelación significativa en los residuales.

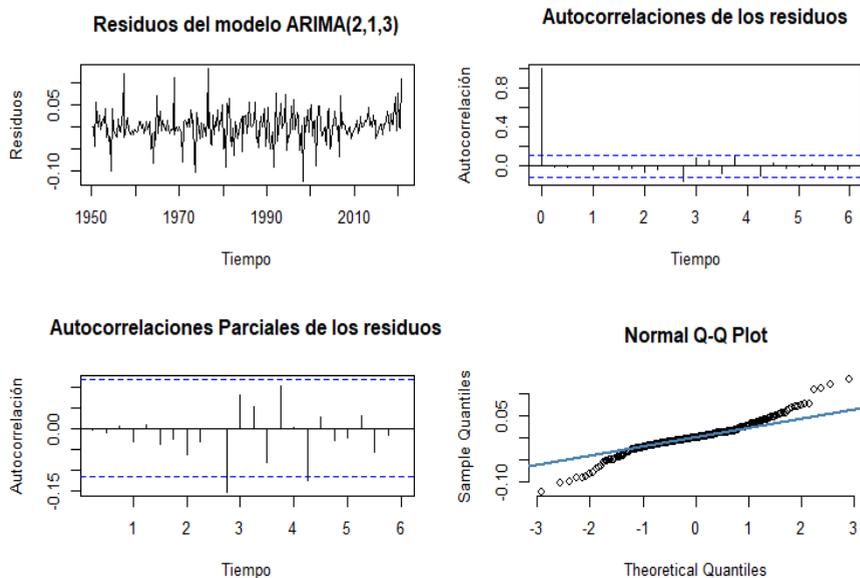


Figura 23. Correlograma del cumplimiento de los supuestos

Fuente. Elaboración personal

A través del normal Q-Q plot de los residuales del modelo ARIMA(2,1,3) estimado para la serie, parecen seguir la línea recta bastante cerca. Este gráfico no nos llevará a rechazar la normalidad de los términos de error en este modelo.

Con la prueba de normalidad de D'Agostino Skewness aplicado a los residuales produce un estadístico de prueba skew = 0.075753, lo que corresponde a un valor de P – Valor de 0.5944, y no rechazará la normalidad basado en esta prueba,

```
D'Agostino skewness test data: arima2$residuals
skew = 0.075753, z = 0.532538, p-value = 0.5944
alternative hypothesis: data have a skewness
```

4) Pronósticos

Partiendo del modelo ARIMA(2,1,3) se usa como modelo predictivo para hacer pronósticos de valores futuros de la serie una vez que se selecciona el modelo más adecuado para los datos de la serie temporal.

Proyecciones al año 2100

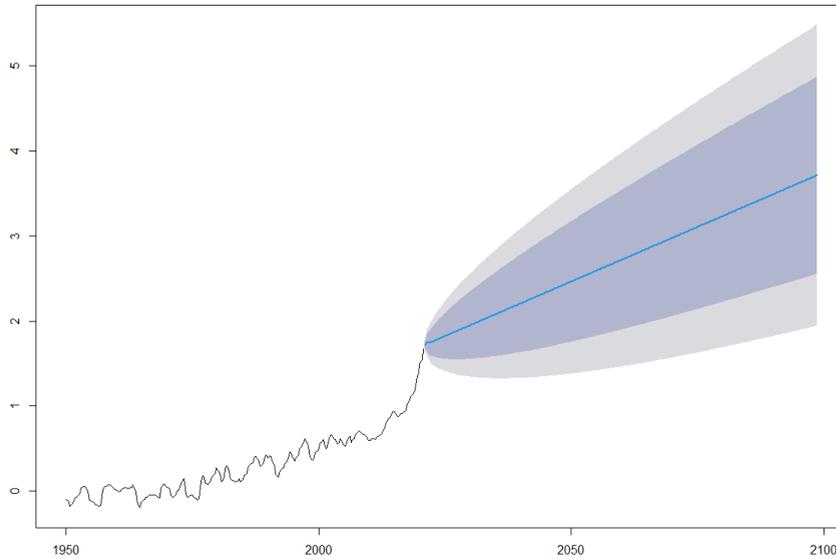


Figura 24. Proyecciones de la variación de la Temperatura Media Planeta

Fuente. Elaboración personal

Por medio de la figura 24, se puede observar que la variación de la Temperatura Media del Planeta se va a incrementar en aproximadamente 3.50°C , con un intervalo de confianza de 2.50°C a 4.50°C , es cual corresponde a las estimaciones por el escenario SSP3-7.0, pues de acuerdo al reporte presentado por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático es de 3.30°C , el cual se localiza dentro de los intervalos obtenidos en el presente modelo.

2.3.2. Modelos Generalizados Aditivos (GAM) en otros escenarios

Partiendo de los escenarios SSP5-8.5, SSP2-4.5, SSP1-2.6 y SSP1-1.9, se crean contextos alternativos al que se vivió en la actualidad (SSP3-7.0), en los cuales se predice que la variación de la Temperatura Media del Planeta tendría el siguiente comportamiento:

Escenario	2081 a 2100	
	Estimación (°C)	Rango de variación (°C)
SSP1-1.9	1.40	1.00 a 1.80
SSP1-2.6	1.80	1.30 a 2.40
SSP2-4.5	2.70	2.10 a 3.50
SSP5-8.5	4.40	3.30 a 5.70

Tabla 4. Tendencia por escenarios simulados

Fuente. Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021

El Modelo aditivo Generalizado es una extensión del Modelo Lineal Generalizado y que introducido por Trevor Hastie y Robert Tibshirani en 1986. En un Modelo Lineal Generalizado se asume que la influencia de las variables explicativas sobre la variable respuesta es de forma lineal, es decir (Wood, 1997):

$$g(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + u_i \quad (18)$$

Sin embargo, puede ocurrir que el efecto de las variables explicativas sobre la variable dependiente tenga forma desconocida. En el Modelo Adictivo Generalizado se permite que f puede tomar cualquier forma funcional, lo que proporciona más información acerca de la relación entre variable explicativa y la variable objetivo.

Si se hace unos de la base polinómica, se ajusta la f mediante un polinomio de grado considerable a lo largo de todo el recorrido de X . En general, el modelo que se obtiene haciendo uso de una función polinómica de grado d es (Wood, 1997):

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + \beta_3 X_i^2 + \beta_4 X_i^3 + \dots + \beta_{d+1} X_i^d + u_i \quad (19)$$

Esta técnica se conoce como regresión polinómica cuyas funciones básicas son $1, X_i, X_i^2, X_i^3, X_i^d$ y los coeficientes β_j se puede estimar mediante mínimos cuadrados. Para un grado alto del polinomio, este modelo, al representarlo, adopta una curva extremadamente no lineal. Pues, desde un punto vista práctico, no se toma un grado del polinomio mayor que 3 o 4 ya que, para un grado alto, la representación del modelo se convierte en una curva muy flexible que puede adoptar comportamientos distintos. Gráficamente esto es (Wood, 1997):

Regresión cuadrático

Regresión cubica

Regresión de raíz

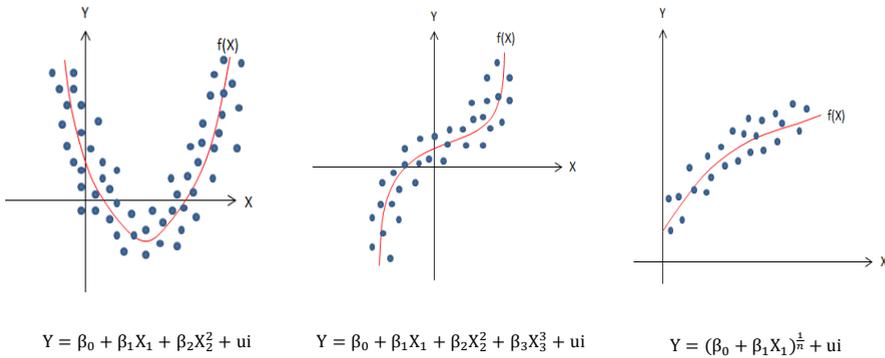


Figura 25. Tipos de modelos polinomiales

Fuente. Elaboración personal

Si f es un polinomio de orden 4, por tanto, se puede tomar las siguientes funciones básicas de orden menor o igual que 4 (Wood, 1997):

$$f(X) = \beta_0 + 1X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \beta_4 X^4 \quad (20)$$

En forma de regresión:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + \beta_4 X_i^4 + u_i \quad (21)$$

Con base a la figuras 18 y 19, se puede conjeturar la tendencia que sigue cada escenario establecido por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático, es decir, es estable que su relación polinomial de la siguiente forma:

$$Vpt_i = \beta_0 + \beta_1 t_i + \beta_2 t_i^2 + \beta_3 t_i^3 + \dots + \beta_n t_i^n + u_i \quad (22)$$

Tal que:

- Vpt_i es la variación promedio que experimenta la Temperatura Media del tiempo.
- t es tiempo, que va de 1950 a 2020 y de forma trimestral.
- β_i son los parámetros a estimar por máxima verosimilitud, tal que $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- u_i es el margen de error que no puede ser explicado por el modelo

Al igual que el escenario SSP3-7.0, en los demás escenarios (SSP5-8.5, SSP2-4.5, SSP1-2.6 Y SSP1-1.9), se hacen proyecciones para el año 2100, con el objetivo de visualizar el ajuste de estos modelos con respecto a los cálculos estimas por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático 2021.

Con base a lo anterior, el comportamiento de cada escenario sería se la siguiente forma:

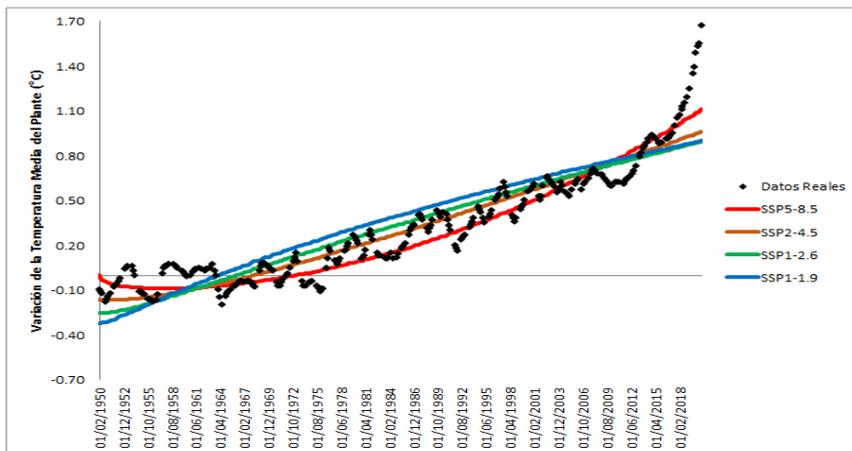


Figura 26. Tendencia de cada escenario

Fuente. Elaboración personal

El escenario **SSP5-8.5** se considera como el más catastrófico, pues presentaría un incremento de la Temperatura Media del Planeta de aproximadamente 4.40°C, con una oscilación de 3.30°C a 5.70°C, por tanto, su expresión algebraica sería la siguiente forma:

$$\widehat{Vpt}_i = 0.000016t^2 - 0.03 \ln(t + 1); \text{ tal que } R_A^2 = 0.9525 \quad (23)$$

Con un nivel de confianza al 0.95 y con nivel de significancia del 0.05, la expresión algebraica 23 conserva en un 95.25% la variabilidad de los datos, es decir, el presente modelo explica en un 95.25% la tendencia de la variación de la Temperatura Media del Planeta.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.20640	-0.07272	-0.01512	0.07536	0.54564
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
log(t + 1)	-2.068e-02	2.397e-03	-8.627	4.65e-16 ***
l((t)^2)	1.550e-05	3.177e-07	48.782	< 2e-16 ***

Signif. codes:	0	****	0.001	***
	0.01	**	0.01	**
	0.05	.	0.1	.
Residual standard error: 0.1066 on 282 degrees of freedom				
Multiple R- Adjusted R-squared: 0.9525				
F-statistic: 2851 on 2 and 282 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tabla 5. Parámetros del modelo en el escenario SSP5-8.5

Fuente. Elaboración personal

El escenario **SSP4-4.5**, presentaría un incremento de la Temperatura Media del Planeta de aproximadamente 2.70°C, con una oscilación de 2.10°C a 3.50°C. Partiendo de esto, su comportamiento se expresaría de la siguiente forma:

$$\widehat{Vpt}_i = 0.0000062[\ln(t + 1)]^7 - 0.167; \text{ tal que } R_A^2 = 0.8759 \quad (24)$$

Con un nivel de confianza del 0.95 y un nivel de significancia del 0.05, la expresión algebraica 24 conserva el 87.59% de la variabilidad de los datos, es decir, el presente modelo explica el 87.59% del incremento de la Temperatura Media del Planeta.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.24858	-0.08551	-0.01333	0.05541	0.70708
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.668e-01	1.334e-02	-12.50	<2e-16 ***
l(log(t + 1)^7)	6.154e-06	1.376e-07	44.71	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 0.1315 on 282 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.8764, Adjusted R-squared: 0.8759				
F-statistic: 1999 on 1 and 282 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tabla 5. Parámetros del modelo en el escenario SSP5-8.5

Fuente. Elaboración personal

El escenario **SSP1-2.16**, se estima una Temperatura Media del Planeta de aproximadamente 1.80°C, con una oscilación de 1.30°C a 2.40°C, por lo tanto, su expresión algebraica es la siguiente:

$$\widehat{Vpt}_i = 0.0002[\ln(t + 1)]^5 - 0.254; \text{ tal que } R_A^2 = 0.8209 \quad (25)$$

Con un nivel de confianza del 0.95 y un nivel de significancia del 0.05, la expresión algebraica 25 conserva el 82.09% de la variabilidad de los datos, es decir, el presente modelo explica el 82.09% del incremento de la Temperatura Media del Planeta.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.28317	-0.10242	-0.02621	0.08551	0.79923
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.536e-01	1.841e-02	-13.77	<2e-16 ***
l(log(t + 1)^5)	1.955e-04	5.425e-06	36.03	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 0.158 on 282 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.8215, Adjusted R-squared: 0.8209				
F-statistic: 1298 on 1 and 282 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tabla 6. Parámetros del modelo en el escenario SSP1-2.6

Fuente. Elaboración personal

El escenario **SSP1-1.9** se podría estimar como uno de los más idóneos, pues en el existen determinadas acciones que permiten controlar la Actividad Humana, ya que aquí se predice una variación de la Temperatura Media del Planeta 1.40°C, por lo tanto, su planteamiento de regresión polinomial sería de la siguiente forma:

$$\widehat{Vpt}_i = 0.0011[\ln(t + 1)]^4 - 0.319; \text{ tal que } R_A^2 = 0.778 \quad (26)$$

Con un nivel de confianza del 0.95 y un nivel de significancia del 0.05, la expresión algebraica 26 conserva el 77.80% de la variabilidad de los datos, es decir, el presente modelo explica el 77.80% del incremento de la Temperatura Media del Planeta.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.31432	-0.10760	-0.03323	0.09263	0.85332
Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.188e-01	2.272e-02	-14.03	<2e-16 ***
l(log(t + 1)^4)	1.115e-03	3.539e-05	31.51	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 0.1759 on 282 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.7788, Adjusted R-squared: 0.778				
F-statistic: 992.9 on 1 and 282 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tabla 7. Parámetros del modelo en el escenario SSP1-1.9

Fuente. Elaboración personal

Partiendo de estos modelos, es fundamental que se revise el cumplimiento de los supuestos de inferencia estadística de cada uno de ellos, con la finalidad de que se tenga la suficiente certeza de que cada uno de ellos pueda ser aplicado.

	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP1-2.6	SSP1-1.9
Normalidad	0.000	0.011	0.006	0.001
Homocedasticidad	0.003	0.002	0.011	0.005
Autocorrelación	0.000	0.000	0.001	0.007

Tabla 8. Cumplimiento de supuestos de cada modelo en cada escenario (P-valor)

Fuente. Elaboración personal

En la tabla 8, se puede observar que cada modelo no cumple con los supuestos de inferencia estadística, por tanto, no son eficientes para que sean aplicados, pues cada uno de ellos, tienen un P – Valor por debajo de 0.05, es decir, los residuales de cada uno de ellos no se aproximan a una distribución normal, no son homocedásticos (varianza controlada), y auto correlación.

Aunado a lo anterior, la proyecciones de cada escenario se pueden visualizar en la figura 27, en la cual se puede apreciar el ajuste que presenta cada modelo estimado:

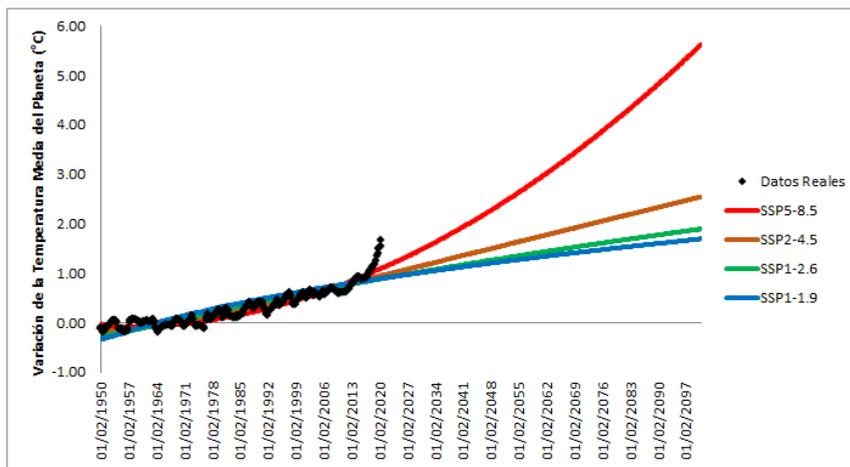


Figura 27. Tendencia de cada escenario para el año 2100

Fuente. Elaboración personal

Partiendo de los datos reales que se tienen en referencia a la variación que ha experimentado Temperatura Media del Planeta se puede ver lo siguiente:

- En el escenario SSP5-8.5, se estima un incremento de la Temperatura Media del Planeta para el año 2100 de 4.40°C, con un intervalo de confianza de 3.30 ° C a 5.70 ° C. Partiendo de la expresión algébrica 23, se estima que para esa fecha sería de aproximadamente 5.60°C, la cual se estaría dentro del intervalo de confianza que estimó el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático.
- En el escenario SSP2-4.5, se estima un incremento de la Temperatura Media del Planeta para el año 2100 de 2.70°C, con un intervalo de confianza de 2.10°C a 3.50°C. Con base a la expresión algebraica 24, se estima que el incremento de la Temperatura Media del Planeta sería de 2.60°C, la cual estaría dentro del intervalo de confianza establecido.
- En el escenario SSP1-2.6, se predice un incremento de la Temperatura Media del Planeta de 1.80°C para el año 2100, con un intervalo de confianza de 1.30°C a 2.40°C. Partiendo de la expresión algebraica 25, se estima que dicho incremento sería de 1.90°C, y se ubicaría dentro del intervalo de confianza determinado.
- En el escenario SSP1-1.9, se estima que el incremento de la Temperatura Media del Planeta sería de 1.40°C, con un intervalo de confianza de 1.00°C a 1.80°C. Con base a la expresión algebraica 26, se predice que dicho incremento sería de 1.50°C y se ubicaría dentro del intervalo de confianza establecido.

2.4. Conclusiones

Como se puede observar, las estimaciones que el Grupo Intergubernamental ha planteado en su informe del 2021, provienen de modelos de series de tiempo, donde cuatro de ellos (SSP5-8.5, SSP2-4.5, SSP1-2.6 y SSP1-1.9) están basados en conjeturas sobre las posibles acciones que se implementarían a través de la Actividad Humana. En tanto, el escenario SSP3-7.0 es el que prevalece en la actualidad, y su construcción está basado en los modelos ARIMAS, y en particular en la metodología Box Jenkins.

Con estos modelos, se reconoce que la Actividad Humana es un factor detonante del incremento de la Temperatura Media del Planeta, sin embargo, cuando se plantea los cinco escenarios, solo se considera al tiempo como el factor determinante que incide en la dinámica de dicho fenómeno, por lo cual, se puede decir que carecen de más elementos para mitigar el Calentamiento Global.

Partiendo de esto, la diferencia que tienen estos modelos con respecto al que se propone en este trabajo de investigación, es el hecho que se incorpora los elementos que intervienen en la Actividad Humana junto con el tiempo, por tanto, es fundamental que se construya un indicador de Actividad Humana, mediante el cual se identifique los factores de esta, y que inciden en la dinámica de la Temperatura Media del Planeta.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayuda en Acción (2019). “Consecuencias del Cambio Climático (2019): efectos a nivel global. Disponible en: <https://ayudaenaccion.org/ong/blog/sostenibilidad/consecuencias-del-cambio-climatico/>
- Benavides, H. y León, G. (2007). “Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático”. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.
- Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B. (2007). “Efecto Invernadero, Calentamiento global y Cambio Climático: una perspectiva desde la ciencias de la Tierra”. México: Revista Digital Universitaria – UNAM.
- Costeau, J. (1992). Impacto ambiental. El planeta herido. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448167155.pdf>
- Greenpeace. (2018). “Imágenes y Datos: Así nos afecta el Cambio Climático. Cumbre climática en Polonia, una apertura que no podemos perder”. España: Universidad de Huelva.
- Geoinnova. (2016). “Minería a cielo abierto y sus impactos en el medio ambiente”. Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/mineria-cielo-abierto-impactos/>
- Grandell, J. (2013). “Times series analysis”. USA. <https://www.math.kth.se/matstat/gru/sf2943/ts.pdf>
- Linares, P. (2009). “Eficiencia Energética y Medio Ambiente”. Disponible en: https://www.iit.comillas.edu/documentacion/IIT-09-005A/Eficiencia_energ%C3%A9tica_y_medio_ambiente.pdf
- IPCC. (2021). “Climate Change 2021. The Physical Science Basis”. UNEP: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Lira, G. (2000). “Impacto Ambiental del Parque Automotor”. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- López, C. (2012). Los países emergentes ante el reto de la sostenibilidad. Disponible en: <http://www.profesiones.org/var/plain/storage/original/application/5bee201e55097ef4e954620cfdb07c87.pdf>
- Makridahis, S. and Hibon, M. (1995). “ARMA Models and the Box Jenkins Methodology”. France. Research Associate, at INSEAD, Boulevard de Constance, Fontainebleau 77305Cedex.

- Ministerio para la Ecología (2018). “Guía para el Cálculo de Huella de Carbono y para la Elaboración de un Plan de Mejora de una Organización”: Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
- Morales, H. (2015). “Introducción a la modelación matemática”. Disponible en: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/jhmb/la_parte.pdf
- Naciones Unidas. (2006). “La ganadería produce más gases contaminantes que el transporte”. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2006/11/1092601>
- Noonan, V. & Soril, L. (2012). The Application of Operations Research Methodologies to the Delivery of Care Model for Traumatic Spinal Cord Injury: The Access to Care and Timing Project.
- Peña, D. (2002). “Análisis de Datos Multivariantes”. España: Universidad Carlos III de Madrid.
- Rabasco, E. y Toharía, L. (2002). “Principios de Economía”. Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- Santamarta, J. (2000). “Turismo y Medio Ambiente. El turismo es hoy la mayor industria mundial y una de las que más afecta al medio ambiente”. Disponible en: <https://www.nacionmulticultural.unam.mx/mezinal/docs/6372.pdf>
- Semarnat. (2010). “Informe de la Situación del Medio Ambiente en México”. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap7_Residuos.pdf
- Shumway, R. and Stoffer, D. (2011). “Time Series Analysis and Its Applications”. USA. Springer.
- Torres, (2007). “Los sumideros de carbono: una análisis de la potencialidad económica en un bosque de manglar del pacífico colombiano”. Colombia: Universidad del Valle
- Villavicencio, J. (2010). “Introducción a Series de Tiempo”. Disponible en: http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=4_BxecUaZmg%3D
- Wood, S. (1997). “Generalized Additive Models: an introduction with R”. Disponible en: <https://reseau-mexico.fr/sites/reseau-mexico.fr/files/igam.pdf>

1. Reglamento de la Ley de asentamientos humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo. (Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, 2015)
2. Voces Emergentes: Percepciones sobre la Calidad de Vida Urbana en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. (Ellis, y otros, 2012 - 2014)
3. Vivienda ¿Qué viene?: De pensar la Unidad a Construir la Ciudad. Banco Interamericano de Desarrollo. (Adler, y otros, 2018)
4. Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Región de Tula. (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2011)
5. Teorías y Técnicas para el Análisis Regional (Hernández, Ramos, & Ornelas, 2014)
6. Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible: Un Análisis sobre Tecnologías de Vanguardia y polos de Innovación. (Toch E. , 2018)
7. Stochastic Modeling of Food Insecurity (Wang, Andree, Chamorro, & Spencer, 2020, pág. 30)
8. El crecimiento Urbano del Distrito Federal, Ciudad de México y su Legislación Urbanística. (Luna, 1996)
9. Medio Ambiente y Desarrollo: El Ordenamiento Territorial como opción de Políticas Urbanas y Regionales en América Latina y el Caribe. Naciones Unidas, CEPAL (Montes, 2001)
10. La Política de Ordenamiento Territorial en México: De la Teoría a la Práctica, Reflexiones sobre sus Avances y Retos a Futuro. (Sánchez, Casado, & Verdinelli, 2013)
11. Reforma Urbana: Un nuevo modelo de Planeación del Territorio y de las Ciudades para el Siglo XXI. (Senado de la República Mexicana, 2013)
12. Programa Territorial Operativo de la Zona Norte del Valle de México (Gobierno de México, 2020)
13. Proyecto del Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2019 – 2024 (Gobierno de México, 2019)
14. Promover Ciudades Sostenibles: Perspectivas Regionales (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019)
15. Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Tizayuca, Hidalgo (Gob- Hgo, 2013)
16. Programa de Ordenamiento Territorial del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2018)
17. Investigación sobre la Absorción de CO₂ por los Cultivos más Representativos (Mota, Alcaraz, Iglesias, Ballesta, & Carvajal, 2011)
18. Políticas públicas Orientadas por Datos: Los Caminos Posibles para Gobiernos Locales. (Cerdeira, Mendonça, & Lagowska, Políticas públicas orientadas por datos: Los caminos posibles para Gobiernos Locales., 2020)
19. Políticas de Traficación por Congestión: Efectos potenciales y consideraciones para su implementación Bogotá, Ciudad de México y Santiago. (Bocarejo JP., 2018)
20. Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2021 – 2024: Programa especial derivado del Plan Nacional de Desarrollo. (SEDATU, Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2021 – 2024: Programa especial derivado del Plan Nacional de Desarrollo, 2021)
21. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Soto, Hidalgo. (Ayuntamiento de Pachuca de Soto, 2019)
22. Planificación de adaptación de Activos al Cambio Climático en Barrios Populares de Tegucigalpa, Honduras. (Stein, Moser, & Vance, 2018)
23. Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Pachuca. (Secretaría de Desarrollo Social, 2013)
24. Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana del Valle de Tizayuca. (Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional, 2011)

25. Programa de Desarrollo Metropolitano del Área Metropolitana Guadalajara, 2042. (Instituto Metropolitano de Planeación del AMG, 2016)
26. Guía Metodológica: Patrimonio Vivo. (Navarrete J. , Caimanque, Sáenz, Larraín, & Irazábal, 2020)
27. Guía Metodológica para la Presentación y Desarrollo de Indicadores Ambientales para el Ordenamiento Territorial en Municipios Colombianos. (Parraga, 2016)
28. Logros y Retos para el Desarrollo Sustentable 1995 – 2000: El Ordenamiento ecológico del territorio. (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 2000)
29. Mujeres y Ciclismo Urbano: Promoviendo Políticas Inclusivas de Movilidad en América Latina. (Díaz & Rojas, Mujeres y Ciclismo Urbano: Promoviendo Políticas Inclusivas de Movilidad en América Latina, 2017)
30. Metztlán, Hidalgo: Arquitectura del siglo XVI. (Artigas, 1996)
31. Ciudades e Infraestructura en América Latina. Banco interamericano de Desarrollo. (Serebrisky T. , 2013)
32. Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora. Primera Comisión de Gobernación y Puntos constitucionales. (Galindo, Ortega, Alcorcha, & Bustamante, 2006)
33. Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana del Valle de Tizayuca (Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional, 2011)
34. Reglamento de la Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo (Periodico Oficial, 2015)
35. Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo (Instituto de Estudios Legislativos, 2018)
36. Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Pachuca (Secretaría de Desarrollo Social, 2013)
37. Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora (Secretaría de Gobierno, 2006)
38. Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (Diario Oficial, 2016)
39. Actualización del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río-Medellín-Alvarado, Ver (Secretaría De Desarrollo Social y Medio Ambiente, 2008)
40. Sistema para el Ordenamiento Territorial y la Orientación en el Crecimiento de los Usos del Suelo en Matamoros, Basado en la Estructura Vial Urbana (Ortiz, 2014)
41. Términos de Referencia para la Elaboración y/o Actualización Programas Estatales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (Secretaria De Desarrollo Agrario Territorial Y Urbano, 2019)
42. Análisis preliminar de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (Jiménez, 2014)
43. Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial (Secretaría de Desarrollo Social, 2010)
44. Teorías Y Técnicas Para El Análisis Regional (Cortés, Ramos, & Delgado, 2014)
45. Historia, teoría y práctica del urbanismo. (Reyes, 2010)
46. El ordenamiento territorial como opción de políticas urbanas y regionales en América Latina y el Caribe (Lira, 2001)
47. La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. Reflexiones sobre sus avances y retos a futuro (Salazar, Izquierdo, & Verdinelli, 2014)
48. Antecedentes Del Urbanismo En México (Herrera, 2010)
49. Historia Del Desarrollo Y La Planeación, Urbanos, En México (Elorduy, 2012)
50. El ordenamiento territorial y urbano en México (Rebora, 1978)

51. Identificación y Fortalecimiento de Centralidades Urbanas El Caso de Quito (Cuenin & Silva, 2010)
52. Las ciudades del mañana: gestión del suelo urbano en Colombia (Botero & García, 2010)
53. Megaciudades E Infraestructura En América Latina (Serebrisky T. , 2014)
54. Rapid Urbanization And Development Latin America And China (Duren & Ruth, 2014)
55. Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca de Soto, Hidalgo 2019 (H. Ayuntamiento, 2019, pág. 622)
56. Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta (Ríos Flores, Taddia, Pardo, & Lleras, 2015)
57. Voces emergentes: Percepciones sobre la calidad de vida urbana en América Latina y el Caribe (Juan, y otros, 2016)
58. Guía Metodológica Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles(Anexo de indicadores) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2016)
59. La ruta hacia las Smart Cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente (Bouskela, Casseb, Bassi, De Luca, & Facchina, 2016)
60. Guía Metodológica Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (Guía Metodológica Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles, 2016)
61. ¡A todo pedal!: Guía para construir ciudades ciclo-inclusivas en América Latina y el Caribe (Lew, y otros, 2016)
62. La carga de la vivienda de interés social: Comparación entre hogares de la periferia y del centro en ciudades de Brasil, Colombia y México (Libertun de Duren, La carga de la vivienda de interés social: Comparación entre hogares de la periferia y del centro en ciudades de Brasil, Colombia y México, 2017)
63. De Ciudades Emergentes A Ciudades Sostenibles Comprendiendo Y Proyectando Las Metrópolis Del Siglo XXI (Terraza, Blanco, & Vera, 2016)
64. ¿Por qué allí?: Los motivos por los que promotores privados de vivienda social construyen en las periferias de las ciudades de América Latina (Libertun de Duren, ¿Por qué allí?: Los motivos por los que promotores privados de vivienda social construyen en las periferias de las ciudades de América Latina, 2017)
65. Mujeres y ciclismo urbano: Promoviendo políticas inclusivas de movilidad en América Latina (Díaz & Rojas, Mujeres y ciclismo urbano: Promoviendo políticas inclusivas de movilidad en América Latina, 2017)
66. Gobernanza Metropolitana: El gobierno de las metrópolis para el desarrollo urbano sostenible (Banco Interamericano de Desarrollo; Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos; Banco de Desarrollo de América Latina, 2017)
67. ACTUALIZACION DEL PROGRAMA PARCIAL DE DESARROLLO URBANO DE LA ZONA SURPONIENTE DE LA CIUDAD DE POZA RICA, VER. (CEIEG, Actualizacion del Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Zona Surponiente de la Ciudad de Poza Rica, Ver., 2021)
68. Programa de Ordenamiento Y Rehabilitación del Centro Histórico de Xalapa. (CEIEG, Programa de Ordenamiento Y Rehabilitación del Centro Histórico de Xalapa, 2005)
69. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tantoyuca, Ver. (CEIEG, Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tantoyuca, Ver, 2006)
70. PROGRAMA ESPECIAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO, SECTOR SURESTE DEL MUNICIPIO DE ACTOPAN, VER. (CEIEG, Programa Especial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, Sector Sureste del Municipio de Actopan, Ver, 2018)
71. Programa Parcial de Desarrollo Urbano Zona Sur-Oriente del Municipio de Xalapa, Ver. (CEIEG, Programa Parcial de Desarrollo Urbano Zona Sur-Oriente del Municipio de Xalapa, Ver, 2018)

72. Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de La Antigua, Ver. (CEIEG, Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de La Antigua, Ver, 2017)
73. Detección del crecimiento urbano en el estado de Hidalgo mediante imágenes Landsat. (UNAM, 2017)
74. Aprendiendo del Desastre: Fortaleciendo la Resiliencia de la Ciudad a Través del Patrimonio Cultural en Nueva Orleans. (Genova, Sáenz, Caimanque, Kopelman, & Navarrete, 2020)
75. Barrios Mejorados y Seguros. (Libertun de Duren, y otros, 2020)
76. Bases Generales para el Desarrollo de Estudios de Reducción de Riesgos Hidroclimáticos en Ciudades: Lecciones Aprendidas de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles Ante el Reto del Cambio Climático en Latinoamérica y el Caribe. (García, y otros, 2019)
77. Big Data Urbana: Una Guía Estratégica para Ciudades. (Townsend & Zambrano-Barragán, 2019)
78. Ciudades Inclusivas: Un Camino Hacia la Productividad Urbana a Partir de la Igualdad de Género. (Hiramatsu, Libertun de Duren, Ariza, & Silva de Anzorena, 2018)
79. Ciudades Biodiversas y Resilientes en América Latina y el Caribe. (Investment, Scott-Brown, & Rodríguez, 2020)
80. Construyendo Gobernanza Metropolitana. (Lefevre, y otros, 2019)
81. Desigualdad de Género en las Ciudades. (Libertun de Duren, y otros, 2020)
82. Diseño Ecológico: Estrategias para la Ciudad Vulnerable: Adaptando las Áreas Precarias de América Latina y el Caribe al Cambio Climático. (Vera & Sordi, Diseño Ecológico: Estrategias para la Ciudad Vulnerable: Adaptando las Áreas Precarias de América Latina y el Caribe al Cambio Climático, 2020)
83. Programa Especial Derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024: Previsto en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. (SEGOB, 2021)
84. Inmigrando: Construir Ciudades Plurales. (Vera, Adler, & Ortiz, Inmigrando: Construir Ciudades Plurales, 2020)
85. Ley de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (H. Congreso del Estado de Veracruz, 2020)
86. Patrimonio Vivo: Guía Metodológica. (Navarrete J. , Caimanque, Sáenz, Larrain de Andraca, & Irazábal, 2020)
87. Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Pachuca. (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2013)
88. Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México, 2019. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras, 2019)
89. Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2021-2024. (SEDATU, Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2021-2024, 2021)
90. Políticas de Tarificación por Congestión: Efectos Potenciales y Consideraciones para su Implementación en Bogotá, Ciudad de México Y Santiago. (Lopez-Ghio, Bocarejo, & Blanco Blanco, 2018)
91. Políticas Públicas Orientadas por Datos: Los Caminos Posibles para Gobiernos Locales. (Cerdeira, Mendonça, & Lagowska, Políticas Públicas Orientadas por Datos: Los Caminos Posibles para Gobiernos Locales, 2020)
92. Programa de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo 2018. (SEDATU, Programa de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo 2018, 2018)
93. Promover Ciudades Sostenibles: Perspectivas Regionales. (African Development Bank; Asian Development Bank; European Bank for Reconstruction and Development; Banco Interamericano de Desarrollo, 2019)
94. Proyecto del Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2019-2024. (SEDATU, Proyecto del Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2019-2024, 2019)

95. Reforma Urbana: Un Nuevo Modelo de Planeación del Territorio y las Ciudades para el Siglo XXI. (Senado de la República: LXIII Legislatura)
96. Tecnologías de Smart Cities en Israel: Un Análisis Sobre Tecnologías de Vanguardia y Polos de Innovación. (Toch E. , 2018)
97. Vivienda ¿Qué viene?: De Pensar la Unidad a Construir la Ciudad. (Libertun de Duren, y otros, 2019)
98. Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Región Tula (Versión Ejecutiva). (Secretaría de Obras Públicas, 2011)

BIBLIOGRAFÍA

- Adler, V., Vera, F., Wainer, L., Roquero, P., Poskus, M., Valezuela, L., . . . Silva, M. (2018). *Vivienda ¿Qué viene?: De pensar la Unidad a Construir la Ciudad. Banco Interamericano de Desarrollo*. (B. I. Desarrollo, Ed.) Obtenido de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Vivienda_Qu%C3%A9_viene_de_pensar_la_unidad_a_construir_la_ciudad.pdf
- African Development Bank; Asian Development Bank; European Bank for Reconstruction and Development; Banco Interamericano de Desarrollo. (Octubre de 2019). *Promover Ciudades Sostenibles: Perspectivas Regionales*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/promover-ciudades-sostenibles-perspectivas-regionales>
- Artigas, J. (1996). *Metztitlán, Hidalgo: Arquitectura del siglo XVI*. México: UNAM.
- Ayuntamiento de Pachuca de Soto. (2019). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca de Soto, Hgo.* Obtenido de <https://imip.pachuca.gob.mx/consultapublica/pmdu2020.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2016). *Guía Metodológica Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles* (Tercera ed.). BID. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/guia-metodologica-programa-de-ciudades-emergentes-y-sostenibles-tercera-edicion>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *Promover Ciudades Sostenibles: Perspectivas Regionales*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Promover-ciudades-sostenibles-Perspectivas-regionales.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo; Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos; Banco de Desarrollo de América Latina. (2017). *Gobernanza Metropolitana: El gobierno de las metrópolis para el desarrollo urbano sostenible*. (D. Gómez-Álvarez, R. Rajack, E. López-Moreno, & G. Lanfranch, Edits.) ONU HABITAD. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/gobernanza-metropolitana-el-gobierno-de-las-metropolis-para-el-desarrollo-urbano-sostenible>
- Bocarejo JP., G. R. (2018). *Políticas de Traficación por Congestión: Efectos potenciales y consideraciones para su implementación Bogotá, Ciudad de México y Santiago*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Pol%C3%ADticas-de-tarificaci%C3%B3n-por-congesti%C3%B3n-Efectos-potenciales-y-consideraciones-para-su-implementaci%C3%B3n-en-Bogot%C3%A1-Ciudad-de-M%C3%A9xico-y-Santiago.pdf>
- Botero, P. T., & García, M. C. (2010). *Las ciudades del mañana: gestión del suelo urbano en Colombia*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Las-ciudades-del-ma%C3%B1ana-Gesti%C3%B3n-del-suelo-urbano-en-Colombia.pdf>

- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., & Facchina, M. (2016). *La ruta hacia las Smart Cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente*. (S. Bassi, & C. D. Luca, Edits.) Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/la-ruta-hacia-las-smart-cities-migrando-de-una-gestion-tradicional-la-ciudad-inteligente>
- CEIEG. (2005). *Programa de Ordenamiento Y Rehabilitación del Centro Histórico de Xalapa*. Obtenido de Veracruz Gobierno del Estado: <http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/direcciones/direccion-general-de-desarrollo-urbano-y-ordenamiento-territorial/programas-de-ordenamiento/#sidr-menu>
- CEIEG. (2006). *Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tantoyuca, Ver.* Obtenido de Veracruz Gobierno del Estado: <http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/direcciones/direccion-general-de-desarrollo-urbano-y-ordenamiento-territorial/programas-de-ordenamiento/#sidr-menu>
- CEIEG. (03 de Mayo de 2017). *Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de La Antigua, Ver.* Obtenido de Veracruz Gobierno del Estado: <http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/direcciones/direccion-general-de-desarrollo-urbano-y-ordenamiento-territorial/programas-de-ordenamiento/#sidr-menu>
- CEIEG. (07 de Noviembre de 2018). *Programa Especial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, Sector Sureste del Municipio de Actopan, Ver.* Obtenido de Veracruz Gobierno del Estado: <http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/direcciones/direccion-general-de-desarrollo-urbano-y-ordenamiento-territorial/programas-de-ordenamiento/#sidr-menu>
- CEIEG. (06 de Marzo de 2018). *Programa Parcial de Desarrollo Urbano Zona Sur-Oriente del Municipio de Xalapa, Ver.* Obtenido de Veracruz Gobierno del Estado: <http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/direcciones/direccion-general-de-desarrollo-urbano-y-ordenamiento-territorial/programas-de-ordenamiento/#sidr-menu>
- CEIEG. (2021). *Actualización del Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Zona Surponiente de la Ciudad de Poza Rica, Ver.* Obtenido de Veracruz Gobierno del Estado: <http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/direcciones/direccion-general-de-desarrollo-urbano-y-ordenamiento-territorial/programas-de-ordenamiento/#sidr-menu>
- Cerdeira, P., Mendonça, M. M., & Lagowska, U. G. (Octubre de 2020). *Políticas Públicas Orientadas por Datos: Los Caminos Posibles para Gobiernos Locales*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/politicas-publicas-orientadas-por-datos-los-caminos-posibles-para-gobiernos-locales>
- Cerdeira, P., Mendonça, M. M., & Lagowska, U. G. (Octubre de 2020). *Políticas públicas orientadas por datos: Los caminos posibles para Gobiernos Locales*. (B. I. Desarrollo, Ed.) Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/politicas-publicas-orientadas-por-datos-los-caminos-posibles-para-gobiernos-locales>
- Cortés, C. H., Ramos, I. C., & Delgado, J. O. (2014). *Teorías y Técnicas para el Análisis Regional* (Primera ed.). México: Editoriales Mexicanas Independientes (AEMI). Obtenido de <http://www.ciisder.mx/2014/212-teorias-y-tecnicas-para-el-analisis-regional>
- Cuenin, F., & Silva, M. (Julio de 2010). *Identificación y Fortalecimiento de Centralidades Urbanas El Caso de Quito*. (B. I. Desarrollo, Ed.) Obtenido de BID: https://flacso.edu.ec/cite/media/2016/02/Cuenin_F_et_al_2010_Identificacion_y_fortalecimiento_de_centralidades_urbanas_El_caso_de_Quito1.pdf

- Diario Oficial. (28 de Noviembre de 2016). *Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano*. Obtenido de Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgahotdu/LGAHOTDU_orig_28nov16.pdf
- Díaz, R., & Rojas, F. M. (2017). *Mujeres y ciclismo urbano: Promoviendo políticas inclusivas de movilidad en América Latina*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/mujeres-y-ciclismo-urbano-promoviendo-politicas-inclusivas-de-movilidad-en-america-latina>
- Díaz, R., & Rojas, F. M. (2017). *Mujeres y Ciclismo Urbano: Promoviendo Políticas Inclusivas de Movilidad en América Latina*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/mujeres-y-ciclismo-urbano-promoviendo-politicas-inclusivas-de-movilidad-en-america-latina>
- Duren, L. d., & Ruth, N. (2014). *Rapid Urbanization And Development Latin America And China*. Washington, D.C: Inter-American Development Bank. Obtenido de <https://publications.iadb.org/en/rapid-urbanization-and-development-latin-america-and-china-summit>
- Ellis, J., H, T., Soulier, M., Deregibus, B., Ramírez, J., Schwint, A., & Moscoso, G. (2012 - 2014). *Voces Emergentes: Percepciones sobre la Calidad de Vida Urbana en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/VocesemergentesPercepciones-sobre-la-calidad-de-vida-urbana-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Elorduy, A. E. (2012). *Historia del Desarrollo y la Planeación, Urbanos, en México*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.imipens.org/uploads/Historia%20del%20desarrollo%20y%20la%20planeacio,%20Urbanos,%20en%20Mexico%20-.pdf>
- Galindo, M., Ortega, A., Alcorcha, J., & Bustamante, J. (2006). *Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora. Primera Comisión de Gobernación y Puntos constitucionales*. Obtenido de <https://stjsonora.gob.mx/reformas/expcpp/6%20JULIO%202006.pdf>
- García, E., Suarez, G., Esquivel, M., Ruiz, A., Zuloaga, D., & Chevalier, O. (Diciembre de 2019). *Bases Generales para el Desarrollo de Estudios de Reducción de Riesgos Hidroclimáticos en Ciudades: Lecciones Aprendidas de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles Ante el Reto del Cambio Climático en Latinoamérica y el Caribe*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/bases-generales-para-el-desarrollo-de-estudios-de-reduccion-de-riesgos-hidroclimaticos-en-ciudades>
- Genova, J., Sáenz, L., Caimanque, R., Kopelman, T., & Navarrete, J. (Diciembre de 2020). *Aprendiendo del Desastre: Fortaleciendo la Resiliencia de la Ciudad a Través del Patrimonio Cultural en Nueva Orleans*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/aprendiendo-del-desastre-fortaleciendo-la-resiliencia-de-la-ciudad-traves-del-patrimonio-cultural>
- Gob- Hgo. (2013). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Tizayuca, Hidalgo*. Obtenido de Secretaria de Planeación, Desarrollo Regional y Metropolitano.: <https://tizayuca.gob.mx/Transparencia/IMDUyV/Articulo70/IncisoF/ORDENAMIENTOTERRITORIAL/PROGRAMAMUNICIPALDESARROLLOURBANoyORDENAMIENTOTERRITORIAL.pdf>
- Gobierno de México. (2019). *Proyecto del Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2019 – 2024*. (T. y. Secretaría de Desarrollo Agrario, Ed.) Obtenido de <https://www.fcarm.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Proyecto-del-Programa-Nacional-de-Ordenamiento-Territorial-2020-2024-1.pdf>

- Gobierno de México. (2020). *Programa Territorial Operativo de la Zona Norte del Valle de México*. Obtenido de Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/570472/PTO_ZNVM_Versi_n_S_ntesis.pdf
- Gobierno del Estado de Hidalgo. (2011). *Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Región de Tula*. Obtenido de Secretaría de Obras Públicas, Comunicaciones, Transportes y Asentamientos: http://intranet.ehidalgo.gob.mx/NormatecaE/Archivos/Version_Ejecutiva.pdf
- Gobierno del Estado de Hidalgo. (Julio de 2013). *Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Pachuca*. Obtenido de Síntesis Ejecutiva:
http://epazoyucan.hidalgo.gob.mx/descargables/transparencia/Fracciones/30/Obras/PDUyOT_ZM_PA CHUCA.pdf
- Guía Metodológica Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles* (Tercera ed.). (2016). Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/guia-metodologica-programa-de-ciudades-emergentes-y-sostenibles-tercera-edicion>
- H. Ayuntamiento. (2019). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca de Soto, Hidalgo 2019*. Obtenido de <https://imip.pachuca.gob.mx/consultapublica/pmdu2020.pdf>
- H. Congreso del Estado de Veracruz. (26 de Febrero de 2020). *Ley de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave*. Obtenido de Secretaría General: <https://www.legisver.gob.mx/leyes/LeyesPDF/LDUOTV26022020.pdf>
- Hernández, C., Ramos, I., & Ornelas, J. (2014). *Teorías y Técnicas para el Análisis Regional*.
- Herrera, G. E. (2010). Antecedentes del Urbanismo en México. *Desarrollo Urbano Sostenible*, 45 - 65. Obtenido de <https://www.ipf.gob.cu/sites/default/files/revista/6-%20Antecedentes%20del%20Urbanismo%20en%20Mexico.pdf>
- Hiramatsu, A., Libertun de Duren, N. R., Ariza, M. C., & Silva de Anzorena, M. P. (Septiembre de 2018). *Ciudades Inclusivas: Un Camino Hacia la Productividad Urbana a Partir de la Igualdad de Género*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/ciudades-inclusivas-un-camino-hacia-la-productividad-urbana-partir-de-la-igualdad-de-genero>
- Instituto de Estudios Legislativos. (14 de Mayo de 2018). *Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo*. Obtenido de http://legismex.mty.itesm.mx/estados/ley-hgo/HID-L-AsenHumDesUrbOrdTerr2018_05.pdf
- Instituto Metropolitano de Planeación del AMG. (2016). *Programa de Desarrollo Metropolitano del Área Metropolitana Guadalajara, 2042*. Obtenido de https://www.imeplan.mx/sites/default/files/IMEPLAN/PDM-Vjunta_.pdf
- Investment, I. S., Scott-Brown, M., & Rodríguez, E. L. (Agosto de 2020). *Ciudades Biodiversas y Resilientes en América Latina y el Caribe*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/ciudades-biodiversas-y-resilientes-en-america-latina-y-el-caribe>
- Jiménez, M. R. (04 de Julio de 2014). *Análisis preliminar de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano*. Obtenido de Dirección de Estudios y Proyectos Metropolitanos: <http://seduv.edomexico.gob.mx/docs/metro/leyasentamientos.pdf>

- Juan, E. J., Terraza, H., Soulier Faure, M., Deregibus, B., Ramírez, I., Schwint, A., & Moscoso, G. (2016). *Voces emergentes: Percepciones sobre la calidad de vida urbana en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/voces-emergentes-percepciones-sobre-la-calidad-de-vida-urbana-en-america-latina-y-el-caribe>
- Lefevre, B., Ducci, J., Vera, F., Slack, E., Valenzuela, L., Davis, D. E., . . . Astaburuaga, F. (Septiembre de 2019). *Construyendo Gobernanza Metropolitana*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/construyendo-gobernanza-metropolitana>
- Lew, S., Madriz, M., Uniman, D., Westermarck, E., Ye, Q., Jones, T., . . . Ríos Flores, R. A. (2016). *¡A todo pedal!: Guía para construir ciudades ciclo-inclusivas en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/todo-pedal-guia-para-construir-ciudades-ciclo-inclusivas-en-america-latina-y-el-caribe>
- Libertun de Duren, N. R. (2017). *¿Por qué allí?: Los motivos por los que promotores privados de vivienda social construyen en las periferias de las ciudades de América Latina*. (D. d. Urbano, Ed.) New York : Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/por-que-alli-los-motivos-por-los-que-promotores-privados-de-vivienda-social-construyen-en-las>
- Libertun de Duren, N. R. (Julio de 2017). *La carga de la vivienda de interés social: Comparación entre hogares de la periferia y del centro en ciudades de Brasil, Colombia y México*. (B. I. Desarrollo, Ed.) Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/la-carga-de-la-vivienda-de-interes-social-comparacion-entre-hogares-de-la-periferia-y-del-centro-en>
- Libertun de Duren, N. R., Brassiolo, P., Lara, E., Mastellaro, C., Cardona-Papiol, E., Palacios, A., . . . Thomas, D. (Marzo de 2020). *Desigualdad de Género en las Ciudades*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/desigualdad-de-genero-en-las-ciudades>
- Libertun de Duren, N. R., Guerrero Compeán, R., Álvarez, P., Campanella, J., Gutiérrez Poisat, S., Mendive, C., . . . Morán. (Junio de 2020). *Barrios Mejorados y Seguros*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/barrios-mejorados-y-seguros>
- Libertun de Duren, N. R., Vera, F., Donovan, M. G., Adler, V., Wainer, L. S., Roquero, P., . . . Guajardo, J. (Marzo de 2019). *Vivienda ¿Qué viene?: De Pensar la Unidad a Construir la Ciudad*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/vivienda-que-viene-de-pensar-la-unidad-construir-la-ciudad>
- Lira, P. F. (Diciembre de 2001). *El ordenamiento territorial como opción de políticas urbanas y regionales en América Latina y el Caribe*. (CEPAL, Ed.) Obtenido de Medio ambiente y desarrollo: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5739>
- Lopez-Ghio, R., Bocarejo, J. P., & Blanco Blanco, A. (Mayo de 2018). *Políticas de Tarifación por Congestión: Efectos Potenciales y Consideraciones para su Implementación en Bogotá, Ciudad de México Y Santiago*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/politicas-de-tarifacion-por-congestion-efectos-potenciales-y-consideraciones-para-su>
- Luna, G. S. (1996). *El crecimiento Urbano del Distrito Federal, Ciudad de México y su Legislación Urbanística*. Obtenido de Boletín Mexicano de Derechos Comparado 85: https://redib.org/Record/oai_articulo1112933-el-crecimiento-urbano-del-distrito-federal-ciudad-de-m%C3%A9xico-y-su-legislaci%C3%B3n-urban%C3%ADstica

- Montes, P. (2001). *Medio Ambiente y Desarrollo: El Ordenamiento Territorial como opción de Políticas Urbanas y Regionales en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Naciones Unidas, CEPAL:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5739/S01111024_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mota, C., Alcaraz, C., Iglesias, M., Ballesta, M., & Carvajal, M. (2011). *Investigación sobre la Absorción de CO2 por los Cultivos más Representativos*. Obtenido de
http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf
- Navarrete, J., Caimanque, R., Sáenz, L., Larrain de Andraca, I., & Irazábal, C. (Diciembre de 2020). *Patrimonio Vivo: Guía Metodológica*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/patrimonio-vivo-guia-metodologica>
- Navarrete, J., Caimanque, R., Sáenz, L., Larraín, I., & Irazábal, C. (2020). *Guía Metodológica: Patrimonio Vivo*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Patrimonio-Vivo-Guia-Metodologica.pdf>
- Ortiz, J. G. (Julio de 2014). *Sistema para el Ordenamiento Territorial y la Orientación en el Crecimiento de los Usos del Suelo en Matamoros, Basado en la Estructura Vial Urbana*. Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Arquitectura: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080253693.PDF>
- Parraga, J. (2016). *Guía Metodológica para la Presentación y Desarrollo de Indicadores Ambientales para el Ordenamiento Territorial en Municipios Colombianos*. Obtenido de
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5081>
- Periodico Oficial. (18 de Mayo de 2015). *Reglamento de la Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo*. Obtenido de
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Hidalgo/wo120556.pdf>
- Periódico Oficial del Estado de Hidalgo. (18 de Mayo de 2015). *Reglamento de la Ley de asentamientos humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo*. Obtenido de
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Hidalgo/wo120556.pdf>
- Rebora, A. (1978). El Ordenamiento Territorial. *Comercio Exterior*, 28(10), 1181 - 1191. Obtenido de
<http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/466/1/RCE2.pdf>
- Reyes, F. N. (2010). *Historia, teoría y práctica del urbanismo*. (Primera ed.). Xalapa, Veracruz, México: Universidad Veracruzana Dirección General. Obtenido de
<http://libros.uv.mx/index.php/UV/catalog/view/B186/55/310-1>
- Ríos Flores, R. A., Taddia, A. P., Pardo, C., & Lleras, N. (2015). *Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de
<https://publications.iadb.org/es/ciclo-inclusion-en-america-latina-y-el-caribe-guia-para-impulsar-el-uso-de-la-bicicleta>
- Salazar, M. T., Izquierdo, J. M., & Verdinelli, G. B. (2014). La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. Reflexiones sobre sus avances y retos a futuro. *Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)*(85), 19 - 44. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112014000300011

- Sánchez, M., Casado, M., & Verdinelli, C. (2013). *La Política de Ordenamiento Territorial en México: De la Teoría a la Práctica, Reflexiones sobre sus Avances y Retos a Futuro*. Obtenido de Departamento de Geografía Económica: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/699/politica.pdf>
- Secretaría De Desarrollo Agrario Territorial Y Urbano. (2019). *Términos de Referencia para la Elaboración y/o Actualización Programas Estatales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo*. (S. D. VIVIENDA, Ed.) Obtenido de Programa de Fomento a la Planeación Urbana, Metropolitana y Ordenamiento Territorial (PUMOT) 2019: <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/terminos-de-referencia-para-la-elaboracion-y-o-actualizacion-programas-estatales-de-ordenamiento-territorial-y-desarrollo-urbano-peotdu>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2018). *Programa de Ordenamiento Territorial del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo*. Obtenido de Honorable Ayuntamiento de Pachuca de Soto: <https://imip.pachuca.gob.mx/bitacoraterritorial/taller1/programa.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Social. (2010). *Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial*. (S. d. Territorio, Ed.) Obtenido de http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/332/1/images/Desarrollo_Urbano_y_Territorial.pdf
- Secretaría de Desarrollo Social. (2013). *Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Pachuca*. Obtenido de http://epazoyucan.hidalgo.gob.mx/descargables/transparencia/Fracciones/30/Obras/PDUyOT_ZM_PACHUCA.pdf
- Secretaría de Desarrollo Social. (Julio de 2013). *Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Pachuca*. Obtenido de Gobierno del Estado de Hidalgo: http://epazoyucan.hidalgo.gob.mx/descargables/transparencia/Fracciones/30/Obras/PDUyOT_ZM_PACHUCA.pdf
- Secretaría De Desarrollo Social y Medio Ambiente. (18 de Agosto de 2008). *Actualización del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río-Medellín-Alvarado, Ver.* Obtenido de Instituto Veracruzano de Desarrollo Urbano, Regional y Vivienda: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/VERACRUZ/Municipios/Alvarado/1Programa.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras. (09 de Marzo de 2019). *Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México, 2019*. Obtenido de Gobierno del Estado de México: https://seduo.edomex.gob.mx/plan_estatal_de_desarrollo_urbano
- Secretaría de Gobierno. (28 de Septiembre de 2006). *Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora*. Obtenido de <https://docs.mexico.justia.com/estatales/sonora/ley-de-ordenamiento-territorial-y-desarrollo-urbano-del-estado-de-sonora.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (2000). *Logros y Retos para el Desarrollo Sustentable 1995 – 2000: El Ordenamiento ecológico del territorio*. Obtenido de <http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/orden/OT01.pdf>
- Secretaría de Obras Públicas, C. T. (Marzo de 2011). *Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Región Tula (Versión Ejecutiva)*. Obtenido de Gobierno del Estado de Hidalgo.

- Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional. (Marzo de 2011). *Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana del Valle de Tizayuca*. (S. d. Metropolitano, Ed.) Obtenido de PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TIZAYUCA: <http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/NormatecaE/Archivos/PDUOTZMVT.pdf>
- Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional. (2011). *Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana del Valle de Tizayuca*. Obtenido de <http://intranet.ehidalgo.gob.mx/NormatecaE/Archivos/PDUOTZMVT.pdf>
- SEDATU. (2018). *Programa de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo 2018*. Obtenido de Programa de Prevención de Riesgos (PPR): <https://imip.pachuca.gob.mx/bitacoraterritorial/taller1/programa.pdf>
- SEDATU. (Octubre de 2019). *Proyecto del Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2019-2024*. Obtenido de Gobierno de México: <http://www.fcarm.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Proyecto-del-Programa-Nacional-de-Ordenamiento-Territorial-2020-2024-1.pdf>
- SEDATU. (2021). *Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2021 – 2024: Programa especial derivado del Plan Nacional de Desarrollo*. Obtenido de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/643102/PNOTDU_VERSION_FINAL_28.05.2021-comprimido.pdf
- SEDATU. (02 de Junio de 2021). *Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2021-2024*. Obtenido de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/643102/PNOTDU_VERSION_FINAL_28.05.2021-comprimido.pdf
- SEGOB. (02 de Junio de 2021). *Programa Especial Derivado del Plan Nacial: Previsto en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5620126&fecha=02/06/2021
- Senado de la República Mexicana. (2013). *Reforma Urbana: Un nuevo modelo de Planeación del Territorio y de las Ciudades para el Siglo XXI*. Recuperado el 2021, de http://comisiones.senado.gob.mx/desarrollo_urbano/docs/documentos/reforma_urbana.pdf
- Senado de la República: LXIII Legislatura. (s.f.). *Reforma Urbana: Un Nuevo Modelo de Planeación del Territorio y las Ciudades para el Siglo XXI*. Obtenido de http://comisiones.senado.gob.mx/desarrollo_urbano/docs/documentos/reforma_urbana.pdf
- Serebrisky, T. (2013). *Ciudades e Infraestructura en América Latina*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Megaciudades-e-infraestructura-en-Am%C3%A9rica-Latina-Lo-que-piensa-su-gente.pdf>
- Serebrisky, T. (2014). *Megaciudades e Infraestructura en América Latina: Lo que piensa su gente*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17421/megaciudades-e-infraestructura-en-america-latina-lo-que-piensa-su-gente>

- Stein, A., Moser, C., & Vance, I. (2018). *Planificación de Adaptación de Activos al Cambio Climático en populares de Tegucigalpa, Honduras*. Obtenido de BID: [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Planificaci%C3%B3n-de-Adaptaci%C3%B3n-de-Activos-al-Cambio-Clim%C3%A1tico-\(PACC\)-en-barrios-populares-de-Tegucigalpa-Honduras.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Planificaci%C3%B3n-de-Adaptaci%C3%B3n-de-Activos-al-Cambio-Clim%C3%A1tico-(PACC)-en-barrios-populares-de-Tegucigalpa-Honduras.pdf)
- Terraza, H., Blanco, D. R., & Vera, F. (2016). *De Ciudades Emergentes a Ciudades Sostenibles Comprendiendo y Proyectando las Metrópolis del Siglo XXI* (ARQ ed.). (P. U. Chile, Ed.) Santiago de Chile: Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://proyectoallas.net/wp-content/uploads/2018/01/De-ciudades-emergentes-a-ciudades-sostenibles.pdf>
- Toch, E. (2018). *Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible: Un Análisis sobre Tecnologías de Vanguardia y polos de Innovación*. (B. I. Desarrollo, Ed.) Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Tecnolog%C3%ADas-de-Smart-Cities-en-Israel-Un-an%C3%A1lisis-sobre-tecnolog%C3%ADas-de-vanguardia-y-polos-de-innovaci%C3%B3n.pdf>
- Toch, E. (Agosto de 2018). *Tecnologías de Smart Cities en Israel: Un Análisis Sobre Tecnologías de Vanguardia y Polos de Innovación*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/tecnologias-de-smart-cities-en-israel-un-analisis-sobre-tecnologias-de-vanguardia-y-polos-de>
- Townsend, A., & Zambrano-Barragán, P. (Octubre de 2019). *Big Data Urbana: Una Guía Estratégica para Ciudades*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/big-data-urbana-una-guia-estrategica-para-ciudades>
- UNAM. (Abril de 2017). *Detección del crecimiento urbano en el estado de Hidalgo mediante imágenes Landsat*. Obtenido de SCIELO: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n92/2448-7279-igeo-92-00006.pdf>
- Vera, F., & Sordi, J. (Diciembre de 2020). *Diseño Ecológico: Estrategias para la Ciudad Vulnerable: Adaptando las Áreas Precarias de América Latina y el Caribe al Cambio Climático*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/disenio-ecologico-estrategias-para-la-ciudad-vulnerable-adaptando-las-areas-precarias-de-america>
- Vera, F., Adler, V., & Ortiz, P. (Septiembre de 2020). *Inmigrando: Construir Ciudades Plurales*. Obtenido de BID: <https://publications.iadb.org/es/inmigrando-construir-ciudades-plurales-tomo-2>
- Wang, D., Andree, P., Chamorro, A., & Spencer, P. (2020). *Stochastic Modeling of Food Insecurity*. Obtenido de World Bank Group: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/34511/Stochastic-Modeling-of-Food-Insecurity.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ÍNDICE

GLOSARIO	7
INTRODUCCIÓN	14
ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE HIDALGO, UN MODELO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA AGENDA NACIONAL AMBIENTAL	19
METODOLOGÍA Y MODELO PARA MEDICIÓN DE EMISIONES GEI EN HIDALGO	26
INTEGRACIÓN DE UNA POLÍTICA PÚBLICA DE MITIGACIÓN DE GEI-IMPACTO SOBRE CC Y MODELO PARA UNA AGENDA NACIONAL	43
MODELAMIENTO MATÉMATICO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL A TRAVÉS DE LA ACTIVIDAD HUMANA DE 1880 A 2022	73
PROYECCIONES Y MODELAMIENTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL Y LA ACTIVIDAD HUMANA	88
BIBLIOGRAFÍA	120

Metodología para la integración de un modelo de medición de CyGEI,
para la construcción de una Agenda Ambiental para las zonas metropolitanas en México.

Se terminó en la ciudad de México durante el mes
de octubre de 2023. La edición digital, estuvo al cuidado de
oficina litotipográfica de la casa editora

