

Sistema de información de indicadores ambientales, para la construcción de la estrategia de mitigación y adaptación ante el cambio climático en el estado de Hidalgo

Sócrates López Pérez¹

Juan Bacilio Guerrero Escamilla²

Silvia Mendoza Mendoza³

Resumen

En este proyecto se desarrolla el Sistema de Información de Indicadores Ambientales (SIIA), el cual es la fundamentación para la construcción de la Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático (EMyACC), y que está conformado de tres modelos. El primero, integra la estrategia estatal de mitigación y adaptación ante el Cambio Climático de Hidalgo. Este, es el análisis del inventario de emisiones de gases a nivel estatal para definir los sectores y áreas de aporte de GEI en el estado. Uno de los hallazgos principales fue el reconocimiento de que el CO₂, CH₄, N₂O, CO y SO₂, son los principales gases que actualmente están siendo emitidos por las fuentes principales, para alcanzar un total de 32,194.62 Gg CO₂ eq. El cual asentó las bases para la comprensión de los diversos fenómenos que están sucediendo en el territorio hidalguense en torno al cambio climático. A la vez logró sustentar científicamente la emisión de la Ley de Cambio Climático del año 2013. El segundo modelo es para definir la composición de la vulnerabilidad, a través de múltiples variables que definan la composición territorial en sus fortalezas ante las consecuencias derivadas del cambio climático y en sus diversos sistemas agroecológicos, de ciudades, económicos, sociales y demográficos. Con ello se puede jerarquizar las prioridades territoriales, escenarios regionales, actores fundamentales y acciones de intervención para la resiliencia de dichos sistemas. Finalmente, el tercer modelo, integra un sistema de planeación transversal de intervención ante el cambio climático, ya que incluye las acciones de los diversos actores, gobiernos e instituciones. A la vez va integrando los requerimientos, recursos y condiciones de cada municipio, dentro de un panorama cronológico de diez años. Este es un instrumento para la toma de decisiones y el diseño de los Planeas Municipales de Mitigación, así como la guía de intervención para reducir los efectos del cambio climático y la mitigación de GEI, a nivel estatal.

Palabras clave: Cambio Climático, Mitigación, Vulnerabilidad.

Antecedentes

El cambio climático, es un fenómeno que es definido a través de las alteraciones estadísticas del sistema climático, al ser analizado a través del tiempo y en periodos largos. Quedando señalado por la variabilidad de la temperatura superficial y alterando el clima debido al calentamiento gradual del planeta, la alteración de los ciclos naturales de lluvias ocasionado por la acumulación

¹ Doctor en Planeación y Desarrollo Económico, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, lopezs@uaeh.edu.mx

² Doctor en Análisis Estadístico y Desarrollo de Modelos, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, bacimate@gmail.com

³ Doctora en Antropología Social, , Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, mendozam_uaeh@yahoo.com.mx

en la atmósfera de las emisiones de gases efecto invernadero, tales como (el dióxido de carbono CO₂, el metano CH₄ y el Óxido Nitroso NO_x) y cuyas fuentes son de tipo antropogénico; el proceso de generación de este tipo de gases se ha acelerado el último siglo derivado del aceleramiento y nueva dinámica de los procesos industriales y actividades de la sociedad moderna. Estos gases, generados por la actividad humana en los últimos 160 años, han alterado la regulación natural de la radiación solar al dejar pasar la energía en forma de luz visible, pero atrapa parte del calor, al no dejarlos regresar en forma de radiación infrarroja al espacio. Este tipo de gas es definido como Gas Efecto invernadero (GEI), al generar este tipo de efectos sobre la superficie de la tierra.

El fenómeno de cambio climático se ha convertido en una preocupación de diversos sectores sociales y comunidades científicas, en tanto sus efectos están alterando los ciclos naturales del clima, el incremento de temperatura y cambios en los patrones de lluvias, los que a su vez inciden sobre las actividades humanas, provocando un fuerte deterioro en su calidad de vida. Esto ha generado un acelerado proceso de deterioro en la vida humana, por lo cual diversos países se han preocupado por diseñar acciones que promuevan la reducción de GEI, su mitigación y la facilidad para fortalecer aquellos sistemas más vulnerables y capacítalos para su adaptación a las nuevas condiciones del cambio climático.

De esta forma, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2013 (IPCC por sus siglas en inglés) sostiene que desde la revolución industrial el promedio de temperatura del planeta se incrementó de manera anómala alterando con ello los sistemas ecológicos y humanos de todas partes del mundo. Estas alteraciones en el clima llamaron la atención de los expertos, por lo que trataron de explicar científicamente los fenómenos climáticos, razón por la cual, los esfuerzos internacionales se concentraron en comprender los orígenes y consecuencias del cambio climático para demostrar que la alteración de la temperatura del planeta está asociada a la concentración en la atmósfera de GEI.

Construcción del sistema de indicadores

La propuesta de un *Sistema de Indicadores*, tiene como base el trabajo de investigación sobre las características y composición de la emisión de GEI, así como sus efectos sobre el propio territorio hidalguense y su población. Se partió del conocimiento de los escenarios del incremento de temperatura y cambios en los patrones de lluvia sobre las regiones de Hidalgo, así como el tipo de vulnerabilidad sobre los sectores económicos y sociales. Con ello, se tienen los elementos principales para el diseño de una estrategia de Mitigación y Adaptación ante el cambio climático en el estado de Hidalgo. Sin embargo, para diseñar las acciones de intervención era necesario la identificación de los volúmenes de aportes de GEI por fuentes, sectores, regiones y municipios. Para de esa forma, focalizar el diseño de las acciones, recursos y actores que lograrían una mayor incidencia en los efectos del cambio climático, el sistema más vulnerable y así diseñar las estrategias de Mitigación y adaptación.

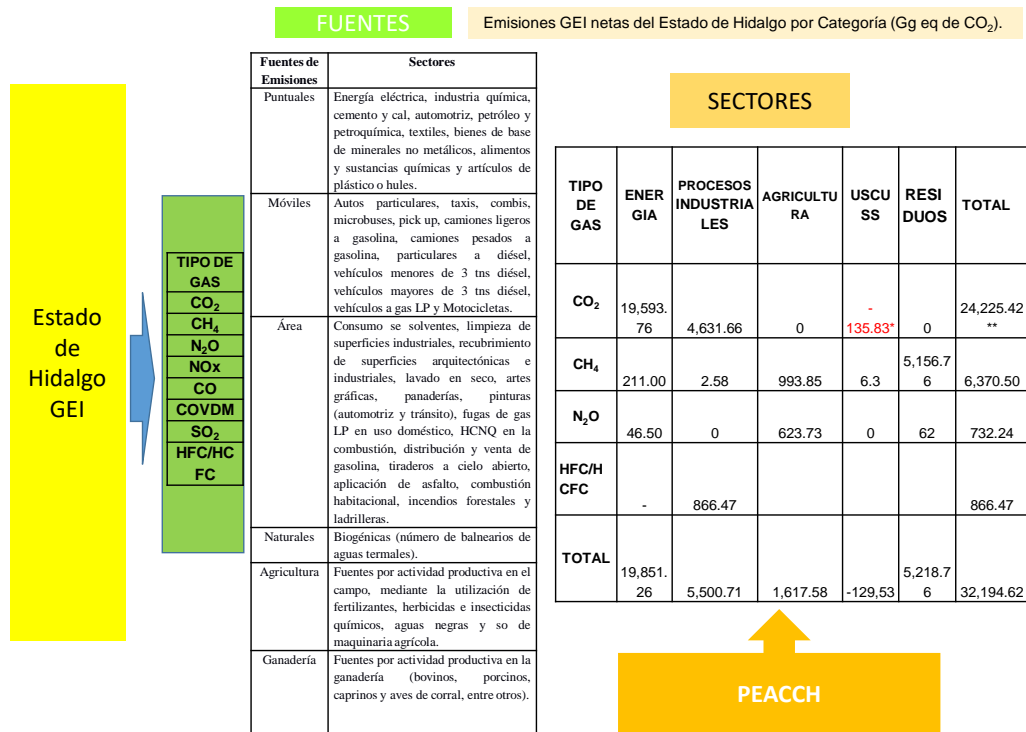
Para establecer estas bases, se tuvo que diseñar un *Modelo* propio que relacionara todas las fuentes antropogénicas que emiten algún tipo de GEI, se organizó la base de datos para el cálculo por proporción de tipo de gas (CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, COVDM, SO₂, HFC/HCFC) y se ubicó por sectores (Energía, Procesos Industriales, Agricultura, USCUSS, Residuos). En este caso la

base de datos se integra a un *Sistema de Indicadores*, el cual va a estar sustentado en un algoritmo matemático que operacionalice el análisis de los seis GEI en los 84 Municipios de Hidalgo, emitiendo como resultado los indicadores de aporte, rangos, fuentes, proporciones y sectores.

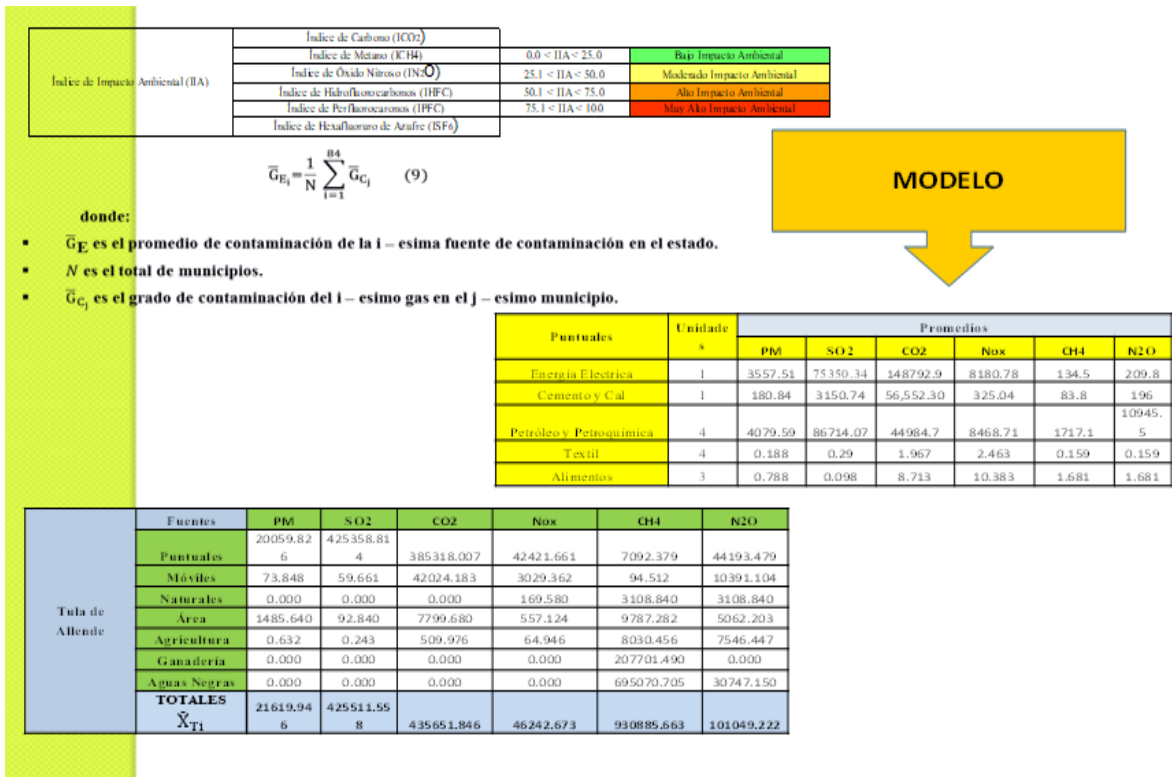
El sustento de análisis se basó en la construcción de tres modelos que puedan encontrar - con bases científicas- el grado de emisiones de gases efecto invernadero, mediante la construcción de un modelo matemático-estadístico, tomando como referencia la metodología desarrollada en 2003 por SEMARNAT sobre las principales fuentes de emisión de gases. De igual forma se podrá diagnosticar el grado de vulnerabilidad de los 84 municipios de Hidalgo, tomado como base los eventos climáticos, el desarrollo económico, y las emisiones de gases. Para la validación de la línea base de incremento de temperatura, se pronosticó el incremento de la temperatura en los últimos 100 años, a partir de las actividades humanas en la entidad. Este último ha sido la evidencia principal que demuestra la tendencia del incremento de temperatura como un efecto directo del cambio climático, ya que los anteriores eran básicamente proyecciones numéricas fijas en el tiempo. Para lograr tales objetivos, se construyen tres modelos:

No de modelo	Nombre del modelo	Tipo de modelo
Modelo I	Índice de Emisiones de GEI	Modelo determinístico
Modelo II	Índice de Riesgo (S1,S2.S3)	Modelo determinístico
Modelo III	Modelo de predicción de la temperatura	Modelo probabilístico

Los cuales a su vez se tienen las rutinas de acumular datos por región, estatal, o bien según los intereses y necesidades específicas de municipios, sectores, áreas de gobierno o intereses académicos.

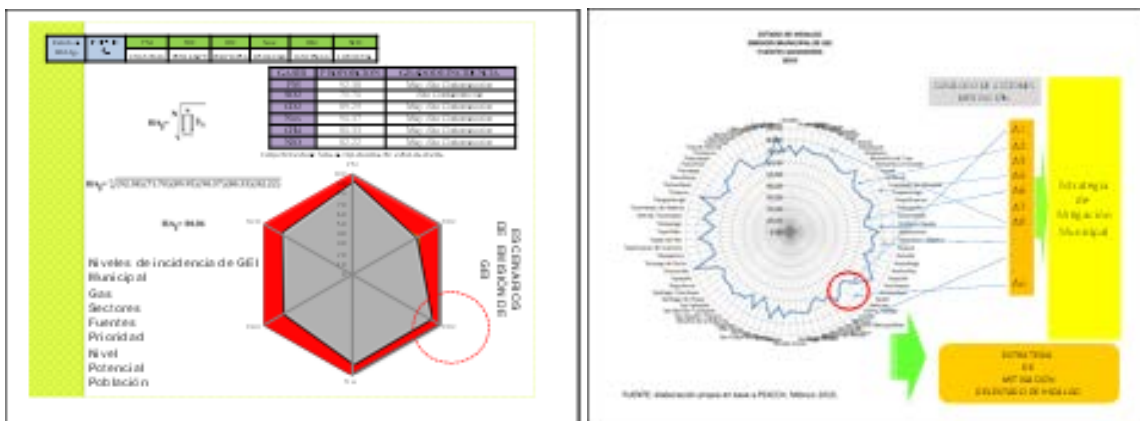


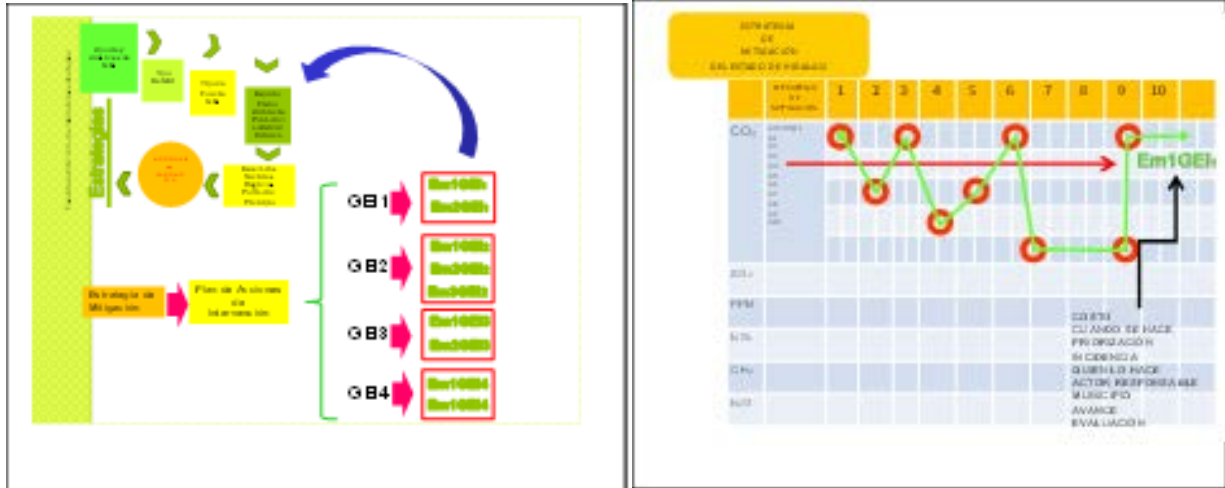
SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE HIDALGO



La Mitigación se define como las acciones intervinientes para la reducción de los generadores activos del incremento de temperatura, y que implica actuar sobre ellos para minimizar los efectos del calentamiento global. Por lo cual, se orienta hacia la reducción de los niveles o rangos de concentraciones de GEI, principalmente a través de la reducción de sus fuentes, y en menor medida incrementando su almacenamiento (IPCC). Por lo cual con ello podemos establecer las diversas estrategias que incidan sobre los escenarios y línea base de intervención emitida por el *Sistema de Indicadores*.

El Sistema de indicadores hasta este momento nos puede aportar todos estos resultados a partir de diversas aplicaciones.



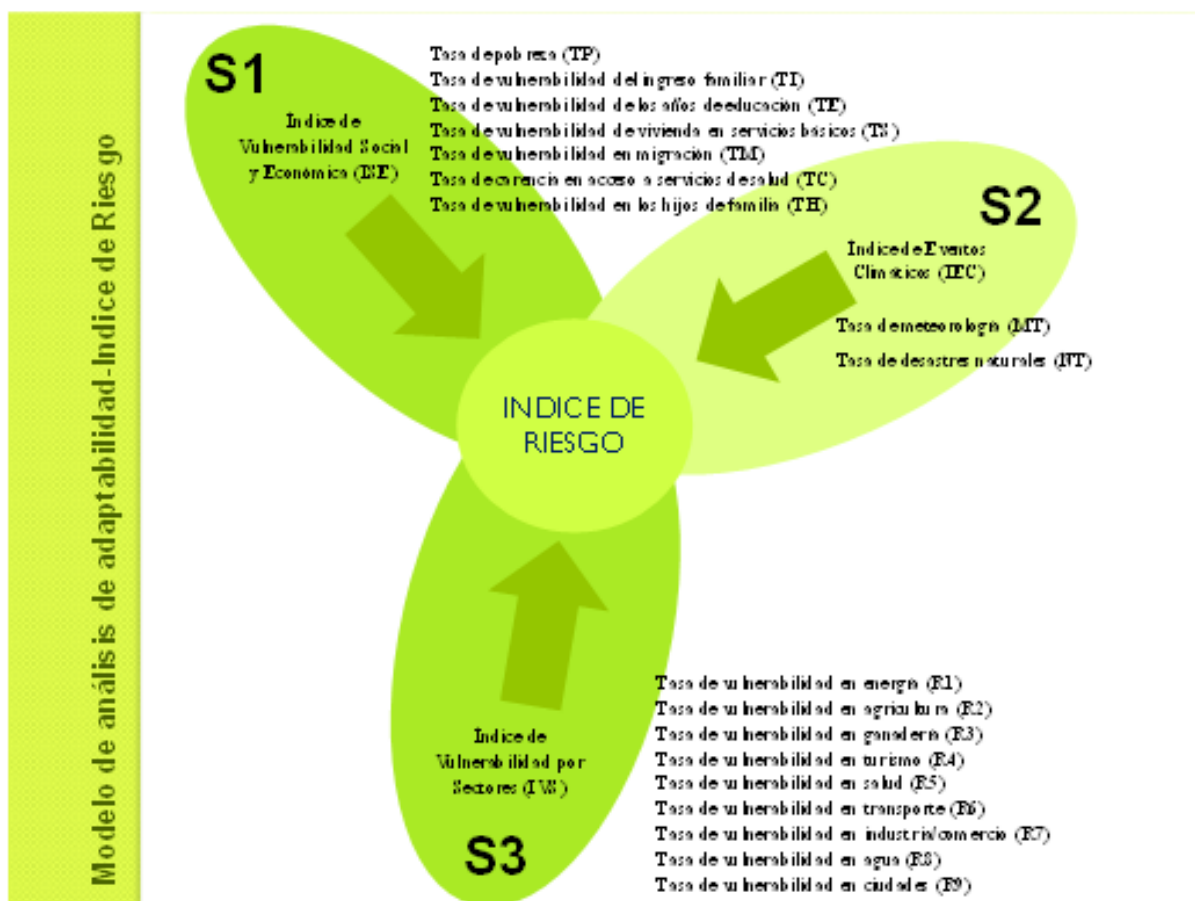


Como parte de uno de los procesos, el *Sistema de Indicadores* está diseñado para relacionar los resultados del Modelo e integrarlos a una Agenda de Planeación. De tal forma que nuestro *Sistema* podrá enlazar en un solo formato, el tipo de GEI, el aporte, la fuente emisora, el tipo de sector que lo emite, su localización territorial, la región que integra, el Municipio y las características de la población. Los cuales en un mismo proceso integrarán el *Catálogo de Acciones* con una alta certeza de incidencia para la focalización de la Mitigación y sus efectos. Los cuáles serán distribuidos a lo largo de determinados periodos anuales y bajo un proceso de ruta crítica (PERT), que implica sus costos y tipos de aporte, periodo y temporalidad de ejecución, priorización cualitativa de acciones, porcentaje de incidencia, ejecutor y responsabilidades, actores e instancias actuantes, región municipio y población.

A su vez y al formar parte de un proceso de planeación, se podrá darle seguimiento puntual a cada acción, sus avances, las evidencias de los reportes de las acciones, y por lo tanto una evaluación permanente y en tiempo real. En este caso el Sistema de indicadores, al estar integrado a una plataforma en red, tendrá la posibilidad de acceso permanente desde cualquier lugar y según los privilegios otorgados a cada participante de las acciones de Mitigación, tendrá información estadística continua y de calidad para la toma de decisiones y el monitoreo de los indicadores generados.

Ahora bien, si la Adaptación son acciones para el ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados, o sus impactos, y que reduce el daño causado, para potenciar las oportunidades benéficas (IPCC). Tenemos entonces que construir un índice de vulnerabilidad, el cual está más ajustado a las condiciones económicas y sociales. Por lo cual es importante ampliarlo hacia una relación con los efectos del cambio climático, los eventos naturales extraordinarios y los escenarios futuros de la temperatura y cambio en los patrones de las lluvias. Por lo tanto, para definir y focalizar las acciones de adaptación, desarrollamos un Indicador de Riesgo.

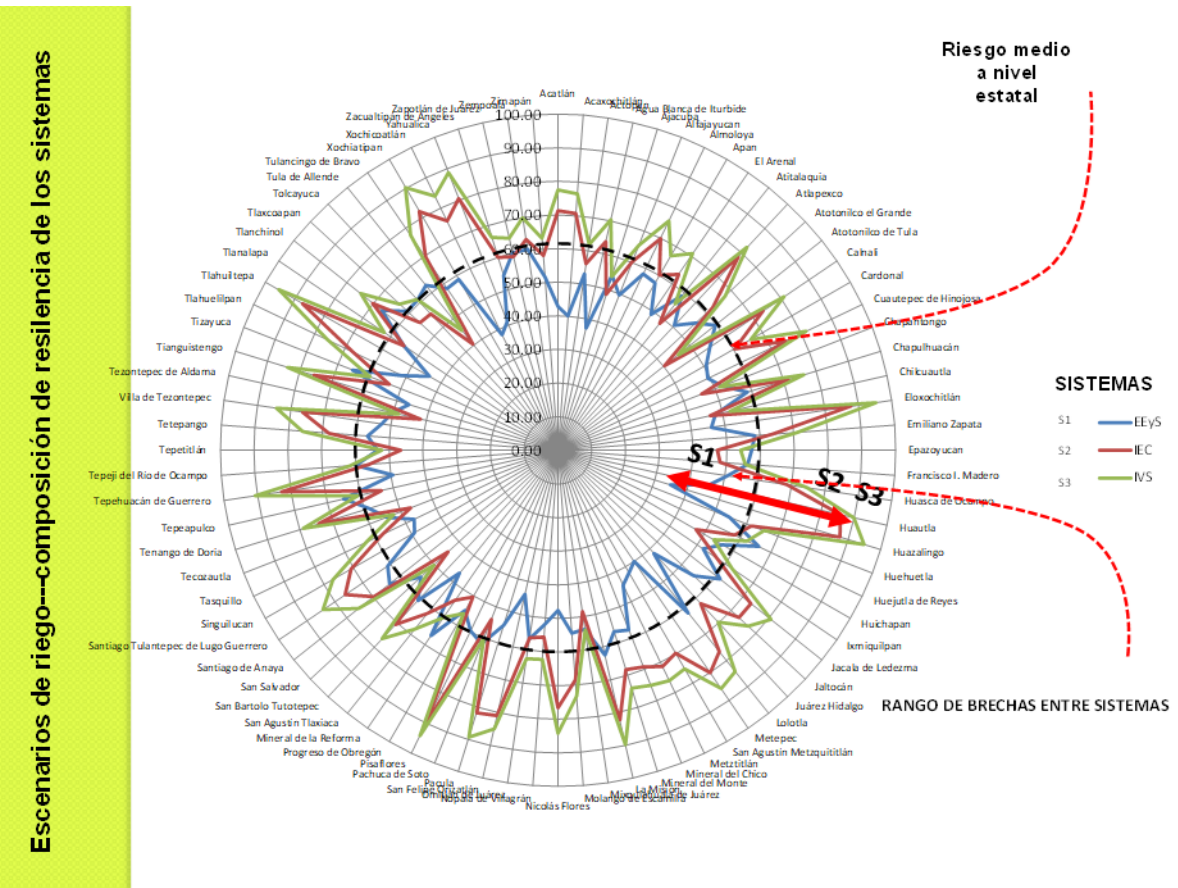
SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE HIDALGO



Este Indicador de Riesgo nos señalará aquellos Municipio que estén en desventaja de recursos económicos y su población en condiciones de pobreza y situación general precaria, así como mayormente expuesta a los efectos del cambio climático como golpes de calor, sequías, inundaciones, heladas, excesos de lluvia, etc. Situaciones que dentro de nuestro Modelo los hemos definido como Sistemas (S1, S2, S3), que a su vez cada uno está integrado por diversas variables. Cuando el Sistema hace el análisis de las ecuaciones del Modelo, nos encontramos con un mapa de los rangos de riesgo de los Municipios.

Al considerar cada Municipio en sus Sistemas, podemos definir ahora cuál sistema es prioritario, dentro de que niveles y rango, bajo que variable dentro de cada sistema, y la composición de la precariedad de cada sistema. Con ello podemos analizar las brechas y los vectores de cada sistema, para diseñar el Plan de Adaptación a nivel municipal. El Modelo de Riesgo marcará la fortaleza de cada Sistema, a la vez que sus debilidades, por lo cual serán definidos tanto aquellas variables como el Sistema de mayor incidencia en su resiliencia, y de esa forma definir los escenarios de la adaptación.

Sistema de Indicadores llevará dispuesto diversas aplicaciones para definir las acciones y los niveles de incidencia, los sectores y áreas resilientes, rango, descripción, acciones de resiliencia, el nivel, los actores y su localización en diversos escenarios temporales.



ADAPTABILIDAD: Plan de acciones para resiliencia del Sistema

MUNICIPIO	CLAVE	INDICE DE RIESGO
ACATLAN		68.10
S1	S2	S3
57.27	71.23	77.43

SISTEMA		SISTEMA ECONÓMICO-SOCIAL					
SECTORES	AREAS DE RESILIENCIA	RANGO	DESCRIPCIÓN	ACCIONES DE RESILIENCIA	NIVEL	ACTOR	TIEMPO
ENERGÍAS							
AGRÍCOLA							
GANADERO							
TURISMO							
SALUD							
TRANSPORTE							
INDUSTRIA							
AGUA							
CIUDADES							

OBJETIVO: Localizar las variables vulnerables para diseñar Acciones de Intervenciones para el fortalecimiento del Sistema

Ea1S1

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE HIDALGO

De esta forma tenemos la misma ruta, priorización, asignación de recursos y la evaluación continua por cada Sistema.



Este Sistema de Indicadores facilitará la construcción de la *Estrategia de Mitigación y Adaptación para el cambio climático en el estado de Hidalgo*. Para este mismo caso, el *Sistema de Indicadores* está funcionando en una plataforma en línea, la cual dispone de diversas aplicaciones para dar seguimiento, hacer evaluación e incluir información en forma fluida para aportar evidencias de acciones, así como posibilitar la intervención de diversos actores y autoridades bajo ciertos privilegios y asegurar la continuidad y eficiencia de las acciones y el uso de los recursos. En este caso la participación de diversos actores sociales y políticos, hace que este Sistema facilite la construcción de Políticas Públicas con eficacia, responsabilidad y maximizando los recursos bajo un modelo focalizado y de alta incidencia. Para el caso, este Sistema de Indicadores está desarrollado para utilizarlo en red a través de una aplicación y en la cual tienen integrado todos los elementos. Por lo cual basta bajar la aplicación, obtener los privilegios y hacer las diferentes operaciones de informática para obtener resultados, hacer cruces de variables, hacer operativo las ecuaciones y algoritmos para la obtención de resultados en forma de indicadores, tablas, gráficos y cronogramas. Que al ser integrados se obtiene un *Plan de intervención* (Estrategias), con acciones focalizadas y definidas a nivel local. Por lo tanto, al integrar este *Plan de Acciones*, se tienen la seguridad de que tendrá una incidencia directa en la Mitigación, así como para el caso de los Sistemas se podrá definir a detalle los componentes de la Adaptación.

Los resultados presentados a continuación son las distribuciones de las diversas fuentes de los seis gases principales. Estos están cuantificados tanto en emisiones GEI netas del estado de Hidalgo por Categoría (Gg eq de CO₂), como en proporciones de aporte (%).

Los resultados obtenidos a nivel municipal y mediante la aplicación del modelo están integrados al *Sistema de Indicadores*, lo cual dio lugar a la siguiente distribución de emisión de GEI y sus diversas fuentes.

Si estos datos los integramos a su forma gráfica, la distribución se observa de la siguiente forma:

SÓCRATES LÓPEZ, BACILIO GUERRERO Y SILVIA MENDOZA

Total de incidencia de GEI por municipio en el estado de Hidalgo.

Municipios	TOTALES						GRADO DE INCIDENCIA DE LOS GEI						
	PPM	SO2	CO ₂	NO _x	CH ₄	N ₂ O	PM	SO ₂	CO ₂	NO _x	CH ₄	N ₂ O	IIA
Acatlán	393.558	40.160	14341.523	1084.922	271946.714	11785.879	55.32	20.56	65.78	58.81	73.14	66.89	52.75
Acaxochitlán	20.851	14.788	10024.737	768.335	53674.334	7035.716	28.54	15.26	63.32	55.91	63.66	63.21	42.87
Actopan	80.361	37.989	69795.036	1909.349	770546.073	36015.332	40.71	20.26	76.66	63.56	79.23	74.86	53.65
Agua Blanca	4.635	3.657	2686.687	202.894	139586.351	2397.771	16.00	8.51	54.27	44.74	69.24	55.53	32.91
Ajacuba	131.080	13.932	5060.421	482.976	645300.100	30928.750	45.20	14.95	58.62	52.01	78.19	73.78	47.77
Alfajayucan	11.823	7.179	5091.620	429.019	1199785.448	53163.484	23.61	11.63	58.67	51.02	81.82	77.64	41.65
Almoloya	22.314	5.736	3338.084	302.131	167702.603	9922.466	29.14	10.55	55.77	48.07	70.31	65.66	39.51
Apan	32.470	20.249	14388.443	1214.496	133519.762	25247.778	32.49	16.91	65.81	59.76	68.98	72.33	47.00
El Arenal	16.351	7.732	5056.470	375.148	105144.185	2886.002	26.41	11.99	58.62	49.89	67.59	56.85	39.07
Atitalaquia	339.882	36.789	24824.291	941.180	714267.669	36845.347	53.97	20.09	69.55	57.62	78.78	75.03	54.32
Atlapexco	3.572	1.802	1156.979	103.608	83097.721	327.353	14.07	5.70	48.49	39.12	66.21	41.34	27.33
Atotonilco de Tula	5763.062	96251.596	230826.562	10814.335	396102.135	24564.041	80.14	63.47	84.88	78.15	75.34	72.13	75.37
Atotonilco el Grande	18.636	15.120	10541.936	854.868	400636.107	20410.453	27.56	15.38	63.67	56.81	75.40	70.81	44.89
Calnali	2.375	1.861	1384.210	105.871	53257.229	441.883	11.26	5.82	49.72	39.30	63.61	43.48	26.59
Cardonal	80.633	9.735	4025.397	717.871	109336.730	10562.004	40.74	13.13	57.05	55.34	67.81	66.11	44.31
Cuautepec de Hinojosa	29.099	23.787	16266.468	1397.266	80166.943	16087.006	31.51	17.76	66.65	60.94	66.00	69.11	46.69
Chapantongo	4.833	3.840	2786.264	207.636	185744.231	3130.464	16.32	8.72	54.52	44.93	70.91	57.43	33.53
Chapulhuacan	2.275	1.827	1301.196	95.016	227044.202	351.882	10.98	5.75	49.29	38.40	72.09	41.86	26.68
Chilcuautla	377.362	27.832	5441.981	495.459	903181.906	44789.584	54.94	18.59	59.12	52.23	80.16	76.42	51.80
Eloxochitlán	181.560	3151.318	56963.891	355.058	47287.238	537.486	48.19	44.56	75.26	49.43	62.91	44.87	53.15
Emiliano Zapata	8.657	11.772	7686.801	370.326	40854.821	6905.986	20.99	14.09	61.50	49.78	62.06	63.08	39.05
Epazoyucan	11.774	7.274	4988.831	407.518	305168.314	1579.361	23.58	11.69	58.53	50.58	73.81	52.56	38.32
Francisco I. Madero	584.019	48.473	12844.728	963.683	1052181.300	52235.638	58.97	21.58	65.03	57.81	81.05	77.52	55.76
Huasca	30.632	10.498	6202.210	611.702	165309.367	9722.117	31.97	13.51	60.02	53.99	70.23	65.52	43.13
Huautla	2.888	1.785	1209.285	97.971	157177.977	2093.938	12.57	5.67	48.79	38.66	69.94	54.57	28.29
Huazalingo	3.066	0.858	427.470	60.427	54516.656	137.393	12.98	3.43	41.65	34.64	63.75	35.18	22.89
Huehuetla	1.532	1.198	893.838	68.609	152844.246	206.744	8.60	4.36	46.71	35.70	69.77	38.08	23.44

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN
ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE HIDALGO

Huejutla	65.499	29.647	17444.168	1702.751	244791.700	6125.538	38.84	18.93	67.13	62.60	72.52	62.22	49.06
Huichapan	951.121	3219.134	76171.284	1945.518	812183.032	17813.442	63.48	44.68	77.26	63.72	79.53	69.84	65.30
Ixmiquilpan	1174.710	111.193	33679.789	3393.263	1006195.114	60190.644	65.43	26.11	71.65	68.40	80.79	78.53	61.31
Jacala	7.875	4.736	3167.683	258.655	128275.206	1368.539	20.21	9.66	55.41	46.77	68.75	51.53	34.85
Jaltocan	2.906	1.254	783.397	77.722	28456.499	292.935	12.61	4.49	45.81	36.73	59.95	40.55	24.79
Juárez Hidalgo	0.751	0.607	427.527	30.819	30703.404	159.752	5.19	2.62	41.65	29.11	60.39	36.25	18.18
Lolotla	3.378	1.651	1042.635	94.669	76959.552	295.881	13.66	5.39	47.77	38.37	65.76	40.62	26.68
Metepec	9.188	7.426	5199.749	391.417	160403.975	6344.561	21.48	11.79	58.81	50.25	70.05	62.47	38.54
San Agustín Metzquitlán	4.913	3.953	2805.274	288.751	41269.379	4500.385	16.45	8.85	54.57	47.69	62.12	60.02	33.50
Metztitlán	7.590	5.868	4467.709	349.896	63065.273	5780.376	19.90	10.66	57.77	49.31	64.60	61.81	36.62
Mineral del Chico	4.301	3.462	2455.247	178.381	25940.013	1220.178	15.44	8.27	53.66	43.66	59.41	50.72	31.08
Mineral del Monte	11.738	6.788	4481.877	372.030	35598.393	1266.756	23.55	11.35	57.79	49.82	61.26	50.98	36.60
La Misión	2.226	1.795	1268.355	91.779	146339.661	357.007	10.84	5.69	49.12	38.11	69.52	41.96	26.37
Mixquiahuala	1505.586	108.717	19255.718	1509.549	777051.386	45679.856	67.72	25.99	67.81	61.59	79.28	76.56	59.55
Molango	4.819	2.806	1868.694	155.261	96615.568	604.859	16.30	7.39	51.78	42.50	67.09	45.71	30.55
Nicolás Flores	2.210	1.245	819.032	68.970	77320.871	530.676	10.79	4.47	46.11	35.74	65.79	44.78	24.83
Nopala	9.554	7.562	5498.264	429.811	223133.234	6934.630	21.81	11.88	59.19	51.03	71.98	63.11	39.07
Omitlán	6.791	4.374	3004.398	239.739	43601.492	1374.813	19.00	9.30	55.04	46.14	62.44	51.57	33.62
San Felipe Orizatlán	6.687	4.437	2835.860	229.041	329315.824	1810.560	18.88	9.37	54.65	45.75	74.26	53.53	34.74
Pacula	2.119	1.712	1205.626	86.909	58372.405	337.494	10.53	5.52	48.77	37.66	64.15	41.56	25.64
Pachuca	482.683	237.415	148847.750	13528.763	29346.629	46817.931	57.21	30.28	81.86	80.03	60.13	76.73	61.17
Pisa Flores	1.130	0.913	643.000	46.351	193500.806	176.464	7.00	3.59	44.45	32.45	71.15	36.95	21.37
Progreso	119.115	17.816	8115.938	619.105	210119.455	12480.644	44.32	16.23	61.87	54.10	71.63	67.30	47.58
Mineral de la Reforma	111.964	58.656	48268.432	3235.762	139909.192	15266.929	43.75	22.62	74.12	68.00	69.26	68.74	53.61
San Agustín Tlaxiaca	402.109	38.072	10817.914	983.548	98672.196	5754.269	55.52	20.28	63.85	57.99	67.21	61.78	50.86
San Bartolo Tutotepec	2.329	1.882	1325.333	95.538	167971.353	410.218	11.13	5.85	49.42	38.45	70.32	42.95	26.84
San Salvador	388.884	35.281	10788.914	867.883	1576662.857	75240.288	55.21	19.87	63.83	56.93	83.41	80.12	54.65
Santiago de Anaya	561.837	3179.969	62700.739	807.897	470833.161	20307.199	58.61	44.61	75.92	56.33	76.35	70.77	62.64
Santiago Tulantepec	17.149	13.333	9281.823	693.867	81552.342	3011.401	26.83	14.73	62.79	55.05	66.10	57.16	41.57

SÓCRATES LÓPEZ, BACILIO GUERRERO Y SILVIA MENDOZA

Singuilucan	10.946	7.932	5999.263	481.537	46232.512	9377.339	22.96	12.11	59.79	51.99	62.78	65.26	39.04
Tasquillo	739.719	54.350	10128.523	747.982	903354.684	42265.474	61.15	22.20	63.39	55.68	80.16	76.00	55.49
Tecoautla	387.491	36.076	11171.508	1325.992	2042156.453	17802.970	55.18	19.99	64.07	60.50	84.92	69.84	54.20
Tenango de Doria	4.102	3.297	2343.545	170.677	63540.469	849.195	15.08	8.07	53.34	43.29	64.64	48.13	30.92
Tepeapulco	61.091	41.872	27736.737	1912.059	88218.917	14647.376	38.21	20.79	70.32	63.57	66.56	68.44	50.29
Tepehuacan de Guerrero	3.661	1.342	764.050	84.342	87793.507	197.276	14.25	4.71	45.64	37.41	66.53	37.74	25.69
Tepeji del Rio	5202.042	89962.860	144945.791	11100.370	508333.815	30943.746	79.19	63.10	81.68	78.37	76.80	73.78	75.23
Tepetitlán	283.180	21.044	4147.494	308.280	277543.621	11416.746	52.29	17.11	57.26	48.24	73.26	66.67	47.89
Tetepango	747.998	50.514	6896.640	503.984	431402.070	22594.696	61.26	21.80	60.75	52.37	75.84	71.54	53.35
Villa de Tezontepec	8.093	5.211	3865.961	409.252	244060.373	4739.177	20.43	10.10	56.77	50.62	72.51	60.39	37.08
Tezontepec de Aldama	206.256	27.897	12844.088	1042.737	1377715.132	69180.754	49.37	18.61	65.03	58.48	82.62	79.52	53.31
Tianguistengo	2.243	1.812	1276.595	92.025	57654.155	654.685	10.89	5.72	49.16	38.14	64.07	46.28	26.50
Tizayuca	104.468	106.398	192945.744	3323.355	896799.947	20794.171	43.11	25.87	83.65	68.22	80.11	70.94	57.51
Tlahuelilpan	754.351	54.042	9186.301	697.084	256307.907	13756.368	61.33	22.17	62.72	55.09	72.79	68.00	53.43
Tlahuiltepa	1.716	1.381	979.075	71.100	51189.590	283.896	9.25	4.80	47.34	35.99	63.38	40.33	24.04
Tlanalapa	7.748	5.890	3819.609	301.046	38422.178	3142.874	20.07	10.68	56.69	48.04	61.70	57.46	35.70
Tlanchinol	4.480	3.081	2109.580	161.826	123517.546	568.029	15.74	7.78	52.61	42.85	68.53	45.27	30.82
Tlaxcoapan	755.294	56.407	11049.364	803.512	716166.715	35573.835	61.35	22.40	63.99	56.29	78.80	74.77	55.48
Tolcayuca	22.401	17.557	22594.170	439.279	128710.385	4748.219	29.18	16.16	68.91	51.21	68.77	60.41	43.64
Tula de Allende	21619.946	425511.558	435651.846	46242.673	930885.663	101049.222	92.38	71.70	89.25	90.37	80.33	82.22	84.06
Tulancingo	127.797	95.294	64271.594	4857.688	365046.241	26931.946	44.96	25.27	76.09	71.42	74.86	72.79	56.82
Xochiatipan	0.885	0.712	505.647	36.798	30965.807	203.482	5.87	2.97	42.81	30.56	60.44	37.96	19.34
Xochicoatlan	1.963	1.579	1120.742	81.486	39291.338	303.337	10.05	5.24	48.27	37.12	61.83	40.80	24.90
Yahualica	2.721	1.121	668.977	67.734	28262.603	201.431	12.16	4.16	44.73	35.59	59.91	37.89	23.82
Zacualtipán	18.043	16.078	9122.400	685.046	48928.469	2506.016	27.27	15.70	62.67	54.95	63.11	55.85	41.62
Zapotlán	14.371	9.609	6250.751	524.064	89739.632	7334.147	25.29	13.06	60.08	52.70	66.66	63.51	40.52
Zempoala	32.449	17.637	11325.763	1018.965	941159.455	8157.338	32.49	16.18	64.16	58.28	80.40	64.27	46.54
Zimapán	29.802	20.909	25780.102	1057.522	127442.036	6409.634	31.72	17.08	69.81	58.59	68.71	62.55	46.04
TOTAL	45185.71616	623003.948	2037729.36	136759.7318	26930381.56	1209399.461	25.99	12.41	59.07	49.96	69.90	57.88	39.59

Fuente: elaboración propia, UAEH, México 2019.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA
ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE
HIDALGO

Estrategia Estatal de Mitigación y Adaptación ante los efectos del Cambio Climático de
Hidalgo.

Municipios	PUNTUALES	MÓVILES	NATURALES	ÁREA	AGRÍCOLAS	AGUAS NEGRAS	GANADERÍA
Acatlán	7.01	52.51	0.00	48.45	60.98	60.74	74.98
Acaxochitlán	16.24	50.69	0.00	34.05	8.98	34.31	66.00
Actopan	44.66	59.03	0.00	45.39	37.23	78.39	74.88
Agua Blanca	0.00	35.04	0.00	34.89	8.23	34.31	71.99
Ajacuba	9.28	40.31	63.24	44.88	49.36	78.15	70.81
Alfajayucan	14.86	41.97	0.00	46.28	10.63	82.88	72.29
Almoloya	10.50	35.41	0.00	47.94	29.48	47.36	72.86
Apan	22.48	53.72	0.00	56.88	17.93	29.46	71.51
El Arenal	2.84	42.51	0.00	32.87	27.79	53.60	69.38
Atitalaquia	23.91	51.65	0.00	42.20	59.32	79.49	67.71
Atlapexco	10.50	26.32	0.00	15.10	0.00	0.00	68.89
Atotonilco de Tula	82.50	50.79	63.24	39.64	72.91	48.80	78.08
Atotonilco el Grande	2.84	51.24	63.24	37.70	0.00	74.38	69.62
Calnali	0.00	27.60	0.00	25.75	2.71	0.00	66.18
Cardonal	0.00	38.95	79.94	28.60	44.26	58.81	67.79
Cuautepec de Hinojosa	8.94	55.80	70.45	49.42	8.99	34.31	68.18
Chapantongo	0.00	35.66	0.00	33.87	13.65	47.87	73.55
Chapulhuacan	0.00	27.64	0.00	12.69	7.29	0.00	75.01
Chilcuautla	0.00	37.50	63.24	45.04	60.89	81.06	69.39
Eloxochitlán	54.20	16.69	0.00	16.38	4.77	41.98	65.08
Emiliano Zapata	20.25	41.67	0.00	41.51	9.54	0.00	64.36
Epazoyucan	14.86	42.34	0.00	30.14	7.56	37.14	76.77
Francisco I. Madero	8.87	50.04	0.00	48.32	65.21	82.10	70.43
Huasca	17.76	44.54	63.24	41.30	30.94	44.80	72.80
Huautla	7.01	26.81	0.00	26.16	7.75	0.00	72.75
Huazalingo	12.95	16.48	0.00	8.86	7.29	0.00	66.33
Huehuetla	0.00	23.08	0.00	15.71	0.00	0.00	72.60
Huejutla	35.20	56.86	0.00	29.94	17.42	34.31	75.43
Huichapan	54.22	55.49	70.45	47.81	68.18	57.22	82.49
Ixmiquilpan	27.20	62.05	86.01	52.17	72.69	80.10	76.31
Jacala	12.95	37.46	0.00	22.72	10.61	0.00	71.53
Jaltocan	10.50	22.03	0.00	20.35	0.00	0.00	62.37
Juárez Hidalgo	0.00	17.14	0.00	9.03	0.00	0.00	62.84
Lolotla	10.50	25.34	0.00	7.48	4.77	0.00	68.43

SÓCRATES LÓPEZ, BACILIO GUERRERO Y SILVIA MENDOZA

Metepec	2.84	42.68	0.00	40.17	5.56	41.98	72.74
San Agustín Metzquitlán	0.00	36.12	63.24	28.47	10.35	0.00	64.32
Metztitlán	0.00	40.17	0.00	44.27	2.71	37.14	66.96
Mineral del Chico	0.00	34.63	0.00	23.72	11.23	0.00	61.78
Mineral del Monte	16.42	41.45	0.00	11.06	11.20	29.46	63.65
La Misión	0.00	27.50	0.00	12.28	0.00	29.46	72.32
Mixquiahuala	2.84	51.61	63.24	50.44	75.52	79.50	71.13
Molango	10.50	31.51	0.00	19.09	6.39	0.00	69.81
Nicolás Flores	7.01	22.95	0.00	16.86	0.00	29.46	68.41
Nopala	2.84	42.67	0.00	45.55	0.00	39.15	74.81
Omitlán	10.50	36.70	0.00	27.61	10.71	0.00	64.95
San Felipe Orizatlán	12.37	36.09	0.00	28.24	10.85	0.00	77.26
Pacula	0.00	27.02	0.00	8.21	0.00	0.00	66.74
Pachuca	51.21	81.22	0.00	29.60	24.26	46.20	60.81
Pisa Flores	0.00	20.77	0.00	1.62	5.96	0.00	74.03
Progreso	13.54	47.27	0.00	38.25	47.75	70.74	62.58
Mineral de la Reforma	43.76	65.21	0.00	39.86	19.49	62.84	68.82
San Agustín Tlaxiaca	28.25	48.88	0.00	37.24	61.16	50.68	69.10
San Bartolo Tutotepec	0.00	28.02	0.00	10.15	0.00	0.00	73.17
San Salvador	14.54	47.83	0.00	54.50	60.91	85.24	69.11
Santiago de Anaya	54.53	40.16	0.00	39.22	60.93	75.74	69.77
Santiago Tulantepec	9.28	49.63	0.00	34.13	7.45	39.15	68.62
Singuilucan	7.01	43.45	0.00	48.27	8.25	34.31	64.94
Tasquillo	7.01	45.12	0.00	40.82	68.02	80.94	70.26
Tecoautla	0.00	49.56	81.83	39.63	60.89	54.22	88.28
Tenango de Doria	0.00	34.08	0.00	22.88	0.00	0.00	67.25
Tepeapulco	39.37	60.87	0.00	46.16	18.74	54.22	67.82
Tepehuacan de Guerrero	12.95	22.07	0.00	0.30	4.77	0.00	69.23
Tepeji del Río	81.34	61.90	0.00	39.90	70.58	66.86	78.41
Tepetitlán	0.00	34.95	0.00	37.95	57.87	70.83	69.61
Tetepango	0.00	36.33	0.00	38.93	68.21	75.96	64.79
Villa de Tezontepec	10.50	38.33	63.24	41.86	9.31	0.00	75.39
Tezontepec de Aldama	0.00	52.17	63.24	49.76	54.05	84.03	71.50

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA
ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE
HIDALGO

Tlanguistengo	0.00	27.62	0.00	12.12	12.32	0.00	66.66
Tizayuca	53.08	67.20	0.00	40.13	18.77	49.99	83.28
Tlahuelilpan	12.95	43.08	0.00	36.76	68.21	71.29	66.57
Tlahuiltepa	0.00	24.78	0.00	13.26	0.00	29.46	65.89
Tlanalapa	10.62	39.08	0.00	36.39	6.58	49.62	62.61
Tlanchinol	7.01	33.01	0.00	7.84	5.42	0.00	71.30
Tlaxcoapan	0.00	46.65	0.00	40.35	68.20	79.15	69.94
Tolcayuca	40.57	40.79	0.00	43.02	10.99	40.71	71.40
Tula de Allende	93.76	67.20	70.45	47.65	75.89	80.09	74.46
Tulancingo	29.46	71.87	0.00	46.25	19.39	67.55	75.61
Xochiatipan	0.00	18.47	0.00	11.90	9.06	0.00	62.89
Xochicoatlán	0.00	26.14	0.00	13.94	0.00	0.00	64.34
Yahualica	10.50	20.89	0.00	5.58	6.96	0.00	62.33
Zacualtipán	13.82	49.66	0.00	22.65	8.23	0.00	65.66
Zapotlán	17.94	44.35	0.00	44.60	13.87	41.98	69.07
Zempoala	26.96	51.31	0.00	46.65	15.93	56.55	83.50
Zimapan	30.65	54.30	0.00	25.97	16.76	59.67	69.46
HIDALGO	15.82	41.16	12.24	31.92	24.25	37.69	70.15

Fuente: elaboración propia, México, 2019.

La tabla anterior contiene la base de datos del *Índice Ambiental en Hidalgo*, pues muestra el grado de impacto ambiental de cada uno de los Gases de Efecto Invernadero por municipio, tomando como base una clasificación por cuantiles, subdividida en cuatro categorizaciones: 1) bajo impacto ambiental (verde), 2) moderado impacto ambiental (amarillo), 3) alto impacto ambiental (naranja) y, 4) de muy alto impacto ambiental (rojo).

Bajo esta tabla se ha establecido la *Estrategia* que se debe aplicar a nivel municipal, por lo tanto, cada una de ellas configura la *Estrategia Estatal para el Estado de Hidalgo*. El procedimiento que se sigue debe ser en base a la siguiente ruta:

- 1.- Localizar el municipio de preocupación.
- 2.- Ubicar aquellas fuentes señaladas en rojo.
- 3.- Priorizar en base a la incidencia de aporte de GEI.
- 4.- Hacer una lista de Fuentes siguiendo el método de semáforo.
- 5.- Establecer un cronograma y agenda de trabajo para priorizar y determinar las primeras acciones y los actores responsables de implementación.
- 6.- Definir costos por acción y su ejecución temporal.
- 7.- Al integrar todos estos puntos se puede obtener la *Estrategia de Mitigación del estado de Hidalgo a nivel municipal*.

El modelo estadístico que define el grado de riesgo ambiental en los municipios del Estado de Hidalgo, tomado como referencia la Estrategia Nacional de Cambio Climático del anexo I (metodología del diagnóstico de adaptación), visión 10 – 20 – 40.

- **Índice de Riesgo Ambiental (IRA):** mide el grado de vulnerabilidad ambiental de los 84 municipios del Estado de Hidalgo.

El IRA se conforma de los siguientes indicadores:

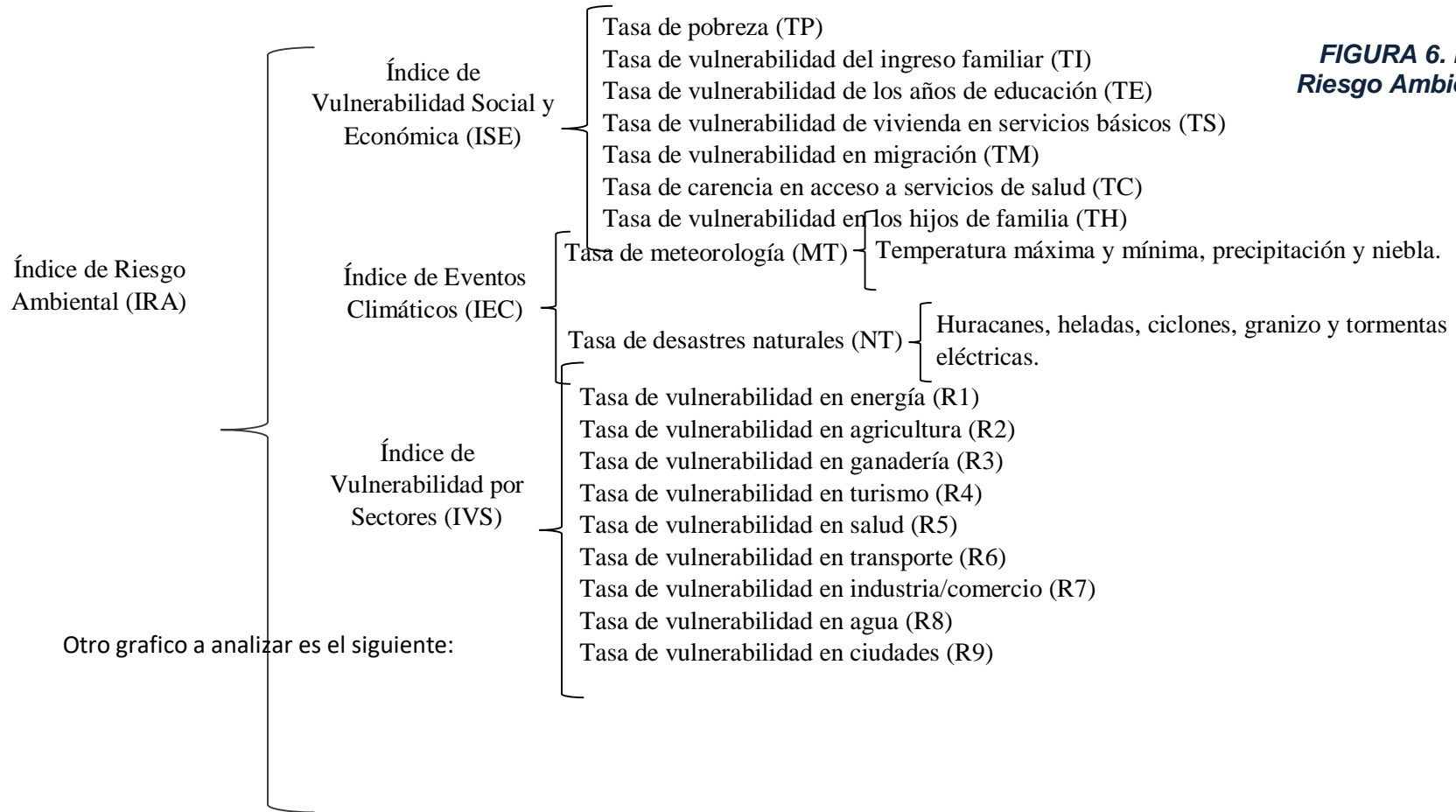
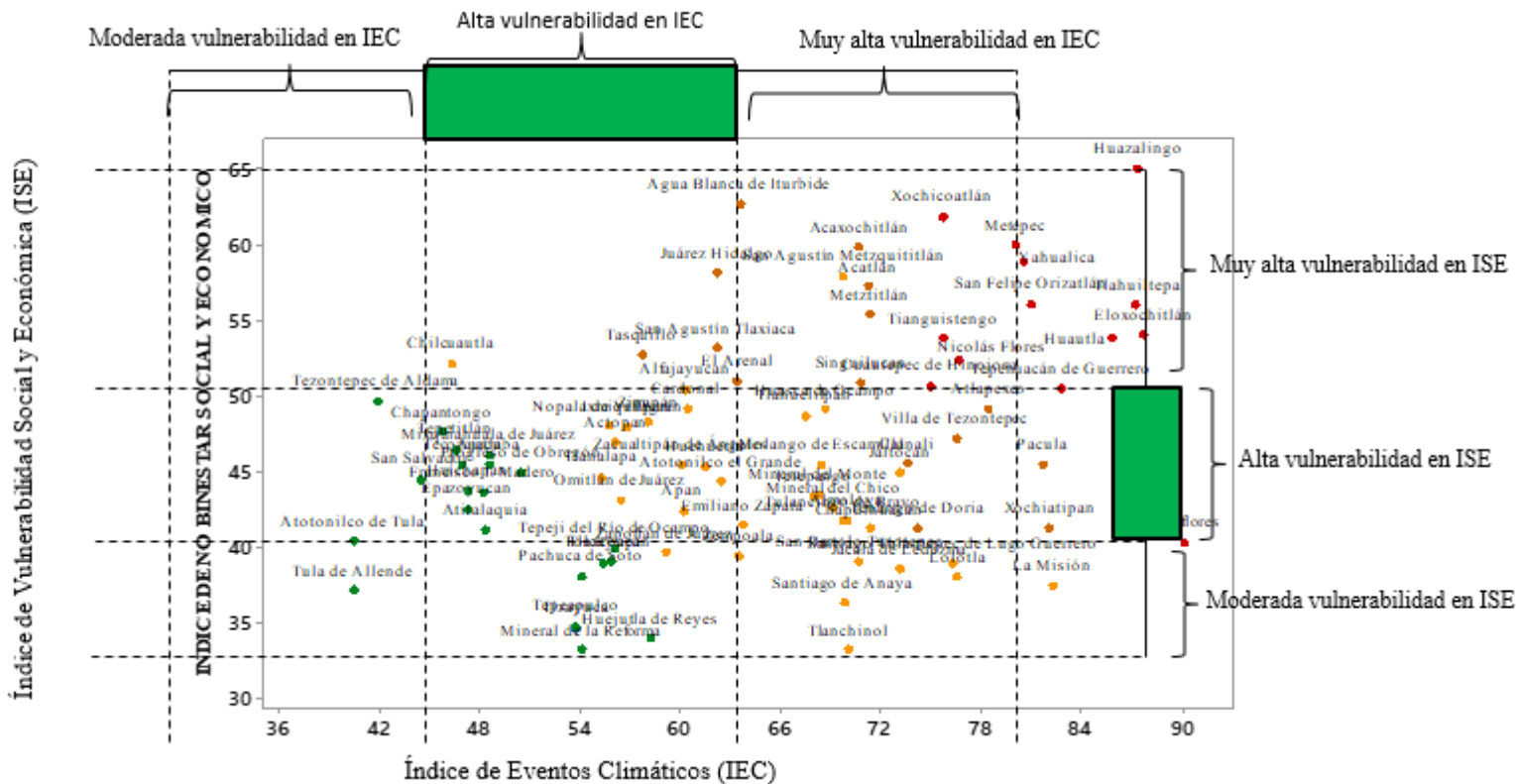


FIGURA 6. Índice de Riesgo Ambiental (IRA).

Posición de los municipios del estado de Hidalgo en el IRA.



Donde:

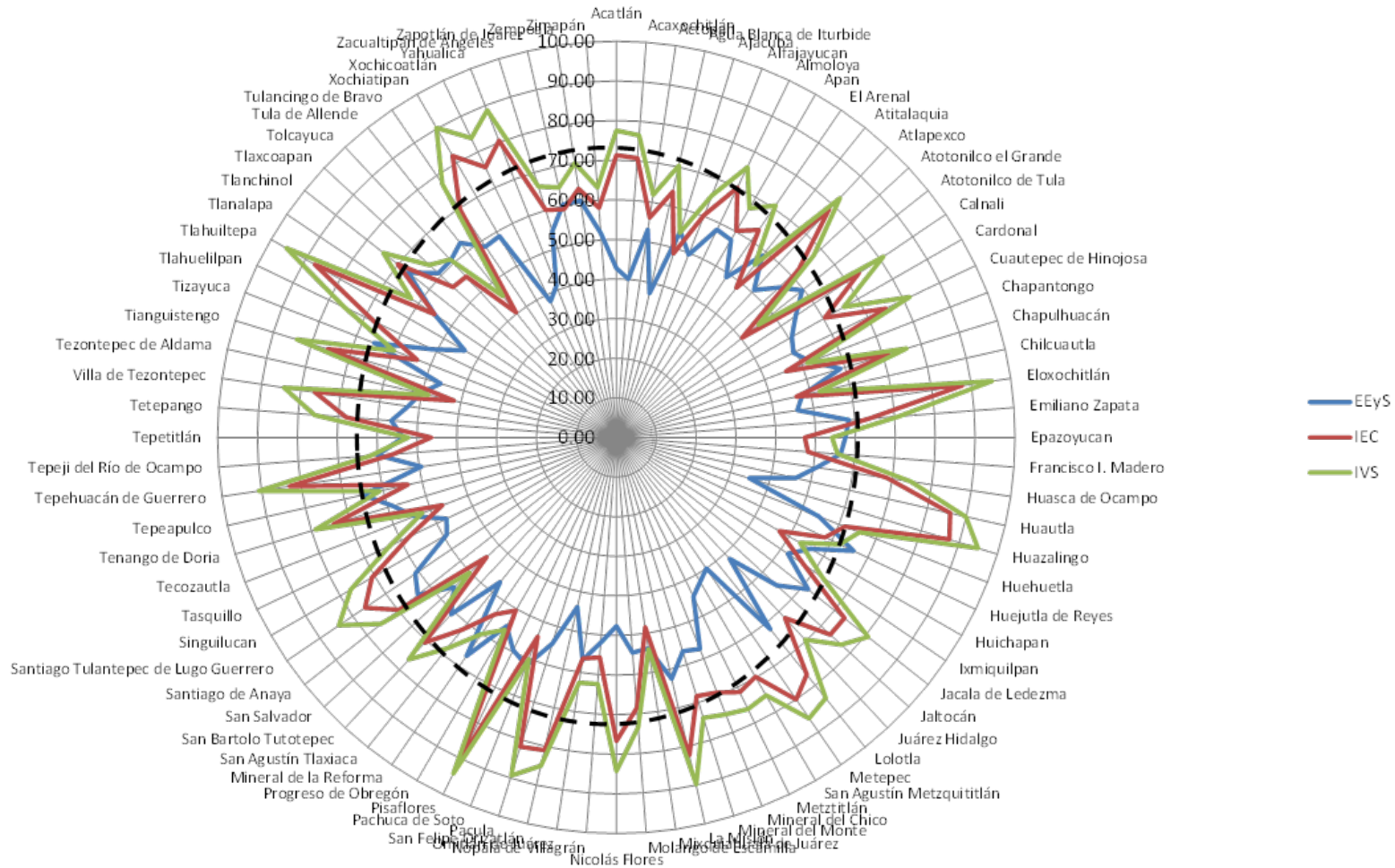
- - Se integra por aquellos municipios que tiene muy alta vulnerabilidad en ambos índices (ISE y IEC).
- - Se conforma por aquellos municipios que tienen muy alto vulnerabilidad en ISE y alto IEC, y viceversa.
- - Se integra por aquellos municipios que tienen alta vulnerabilidad en ISE y IEC.
- - Se conforma por aquellos municipios que tiene modera vulnerabilidad en ISE y IEC.

Para el índice de IVS se utiliza la expresión algebraica (4) y sus derivadas:

$$IVS = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^n R_i$$

El Índice de Riesgo nos señala a nivel municipal cuál es la composición de los tres sistemas analizados. A su vez, 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.

Los sistemas S1, S2 y S3 del Índice de Riesgo Ambiental.



Fuente. Elaboración propia, México 2019.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA
ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE
HIDALGO

La localización de 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 donde se debe intervenir para hacer resilientes esos sistemas.

La conjunción de los tres sistemas (S1, S2 y S3) conforman el plan de acciones de intervención de la Estrategia de Adaptación (ver figura), misma que parte del análisis de vulnerabilidad media, alta y muy alta del IRA con la finalidad de generar actividades específicas acorde a cada realidad municipal y a partir de esto reducir las brechas del índice de riesgo.

La frecuencia de los eventos climáticos, son hechos que no pueden intervenir, pero puede incidirse en los medios y recursos que los municipios y sus pobladores tienen para responder ante las contingencias climáticas, por ejemplo; las altas temperaturas requieren de un sistema eficiente de abastecimiento de agua potable, de medidas preventivas y/o atención para los golpes de calor en la población vulnerable: niños y ancianos.

El tercer sistema es el que refiere a las actividades económicas y productivas de todos los grupos humanos, abarcan la generación y consumo de energía, las actividades agrícolas y ganaderas, la industria del turismo, el sistema de atención para la salud, las actividades de transporte, la existencia de agua para consumo doméstico, la densidad urbana de la población y la actividad industrial y de comercio (Tabla).

Se observa que los municipios más afectados en sus actividades económicas y productivas son: aquéllos con actividad agrícola y con densidad de población de tipo rural, p.e. Tlahuilpepa, Eloxochitlán, Huazalingo, Pisaflores y Tepehuacan de Guerrero.

Municipios de Estado de Hidalgo según Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) de mayor a menor riesgo.

MUNICIPIOS	IVS	MUNICIPIOS	IVS	MUNICIPIOS	IVS
Tlahuilpepa	95.49	San Bartolo Tutotepec	76.49	Tasquillo	62.98
Eloxochitlán	95.23	Chapulhuacán	76.15	Omitlán de Juárez	62.66
Huazalingo	94.90	Metztitlán	76.11	Nopala de Villagrán	62.43
Pisaflores	94.15	Tetepango	75.90	Ixmiquilpan	62.41
Tepehuacán de Guerrero	90.65	Almoloya	75.71	Tlanalapa	62.32
Xochiatipan	90.26	Tlahuelilpan	75.62	Huejutla de Reyes	62.22
Huautla	89.90	Santiago de Anaya	75.50	Actopan	61.97
La Misión	89.85	San Agustín Metzquititlán	75.14	Tepeji del Río	61.87
Pacula	89.31	Mineral del Chico	75.11	Tolcayuca	61.29
Yahualica	88.70	Tlanchinol	74.71	Tepeapulco	60.86
Metepec	85.83	Huasca de Ocampo	74.60	Pachuca de Soto	60.13
San Felipe Orizatlán	85.03	Mineral del Monte	74.06	Mineral de la Reforma	60.13

Villa de Tezontepec	84.30	Molango de Escamilla	73.38	Tizayuca	59.86
Santiago Tulantepec	84.20	Emiliano Zapata	71.02	Progreso de Obregón	56.07
Nicolás Flores	84.19	El Arenal	70.83	Atitalaquia	55.71
Lolotla	84.16	Agua Blanca de Iturbide	70.37	Francisco I. Madero	55.63
Tianguistengo	83.87	Zempoala	70.01	Epazoyucan	54.09
Xochicoatlán	83.87	Juárez Hidalgo	69.67	Mixquiahuala de Juárez	54.04
Atlapexco	82.35	San Agustín Tlaxiaca	68.11	Ajacuba	54.04
Cuautepec de Hinojosa	81.59	Atotonilco el Grande	67.58	Huichapan	53.25
Calnali	81.02	Apan	66.81	Chilcuautila	52.31
Jacala de Ledezma	80.77	Zacualtipán de Ángeles	66.30	Tecozautila	52.28
Tenango de Doria	78.93	Cardonal	65.92	Tepetitlán	52.21
Tulancingo de Bravo	77.53	Alfajayucan	65.58	Chapantongo	51.42
Acatlán	77.43	Huehuetla	65.50	San Salvador	50.22
Jaltocán	76.95	Zapotlán de Juárez	64.74	Tezontepec de Aldama	48.34
Singuilucan	76.95	Tlaxcoapan	63.99	Atotonilco de Tula	45.60
Acaxochitlán	76.49	Zimapán	63.28	Tula de Allende	45.60

Fuente: elaboración propia, México 2019.

Una primera propuesta para desarrollar estrategias de adaptación tiene que ver con el tipo de afectación que tienen los municipios, pero también debe considerarse las otras propuestas de regionalización según las características naturales y problemas ambientales de los municipios. Desde el año 2001, el gobierno del estado realizó una propuesta de ordenamiento ecológico territorial para el estado de Hidalgo, estableciendo treinta y tres Unidades de Gestión Ambiental (UGA's).

Bibliografía

- Cambio climático 2014: Informe de síntesis (2014) IPCC, 2014. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.
- Cuadros Cagua, T. A. (2017) El cambio climático y sus implicaciones en la salud humana. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 157-171. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd21-40.ccis> doi: 10.11144/Javeriana.ayd21-40.ccis
- Elena María Otazo Sánchez, Numa Pompilio Pavón Hernández, Sócrates López Pérez (2011) Programa estatal de acción para el cambio climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo. UAEH, México, 2011. Pp 350.
- IPCC. Summary for Policymakers (2014) In: Edenhofer O, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B., Kriemann JS, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx editors. *Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change Contribution of Working Group III to the Fifth*

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA
ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE
HIDALGO

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press; 2014.

López, Sócrates y Guerrero, Juan Bacilio. (2018) Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático.: Gobierno del Estado de Hidalgo. México.

Prüss Üstün, A., y Carvalán, C. (2006) Preventing Disease Through Healthy Environments- Towards an Estimate of the Environmental Burden of Disease. Geneva: World health Organization.

WHO (2014) Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Geneva: World Health Organization, 2014.