



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

**Alternativas contra el Cambio
Climático en la Ciudad de México**

TESINA

Que para obtener el título de
Licenciado en Economía

P R E S E N T A

Rogelio Gómez Lamadrid Cabello

DIRECTOR DE TESINA

Lic. Edgar Abraham Amador Zamora



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Introducción.....	2
Marco Teórico: Las externalidades.....	4
Internalización.....	7
Regulación.....	10
El Análisis Costo Beneficio.....	17
Cambio Climático.....	19
Consecuencias de la contaminación.....	22
Factores de riesgo y escenarios de cambio climático para la Ciudad de México.....	22
Demográfico.....	23
Geográfico.....	26
Inundaciones.....	31
Producción y demanda de energía.....	35
Los Residuos Sólidos Urbanos y Alternativas.....	40
Alternativas.....	41
Conclusiones.....	54
Bibliografía:.....	57

Introducción.

La demanda de energía a nivel nacional ha mostrado una tendencia creciente durante los últimos años. El crecimiento de la actividad económica y por consiguiente el de la producción, va aparejado por un crecimiento en la demanda de energía.

Se ha constatado que en los países emergentes el crecimiento se ha acompañado por degradación medioambiental. Alrededor del mundo se impulsan políticas con miras al crecimiento económico, y si el producto nacional muestra incremento real, entonces suele pensarse que la política generará la inercia necesaria para llevar al país por esta senda virtuosa. Sin embargo, debemos considerar aquel factor tan importante al momento de hacer este balance.

Si el medio ambiente y los recursos naturales se considerasen como un activo, entonces su consumo sería medido, pues cualquier degradación se registraría en la hoja de balance como un pasivo. El problema es que la dotación natural de recursos no se considera desde esta perspectiva, entonces su explotación ha sido irresponsable durante siglos. Si la pérdida ambiental se tomara en cuenta, el crecimiento neto real de estas economías sería mucho menor o en algunos casos podría ser hasta negativo. La economía explica la dinámica social de apropiación humana de la naturaleza, pero no lo que ocurre en la propia naturaleza. Lo ecológicamente significativo es el volumen material absoluto de materias primas consumidas, y no el volumen en relación al PNB. No hay que confundir las cuentas económicas con las cuentas ecológicas, especialmente cuando las capacidades regenerativas o recicladoras del planeta ya han sido sobrepasadas

Gran parte de los gastos de los consumidores y de las administraciones públicas de las economías “avanzadas” se dedican no tanto a obtener bienes como a corregir o evitar los “males” generados por la propia economía. Pero esos gastos defensivos o mitigadores o compensatorios de consumidores o administraciones públicas se contabilizan como producción y renta final.

Los gastos adicionales para cumplir con las normas ambientales tendrían que ser considerados como un costo, y sin embargo son registrados como inversión.

La naturaleza tiene dentro de la economía un papel dual: es suministradora de recursos, y receptora de residuos. El problema de la contaminación radica en que la naturaleza recibe más residuos de los que es capaz de procesar en un determinado periodo. Así, estos no son asimilados y traen como consecuencia severos impactos en la salud de las personas.

El trabajo para la preservación del medio ambiente debe estar alineado en los distintos órdenes de gobierno. Los esfuerzos deben comenzar desde las ciudades para que en conjunto la nación consiga resultados favorables. En la misma medida en que una ciudad crece y se desarrolla, también lo deben hacer sus políticas de conservación y mitigación medioambiental, ideando mecanismos cada vez de mayor alcance en donde varios sectores de la economía puedan participar.

Las ciudades cuentan con muchos elementos para formular estos esquemas: sociedad civil, innovación tecnológica, marco jurídico, mercados financieros y demás. La correcta configuración de estos elementos les dará gran potencialidad para afrontar los problemas modernos en materia ambiental, sean de disposición y tratamiento de residuos, contaminación del aire, del suelo, del agua, reducción de fauna o pérdida de áreas verdes.

La necesidad por atender estas problemáticas no solamente repercute en el bienestar de los habitantes de la ciudad, sino en el de las generaciones futuras que recibirán como dotación de recursos lo que nuestra generación pueda aportar. Por ello, es fundamental conservar el equilibrio ecológico, con miras a la mejora del bienestar de millones de ciudadanos en esta y en futuras generaciones. El desarrollo debe darse bajo un esquema de aprovechamiento de recursos naturales que no comprometa la satisfacción de estas. Una razón suficiente para trabajar por la preservación del medio ambiente es la intertemporalidad.

El análisis del medioambiente desde la perspectiva económica debe enfocarse en sus dos pilares: las externalidades y la asignación intertemporal de recursos agotables. Esto es, en los daños ocasionados a terceros y al ambiente mismo, y en la dotación de recursos que podremos heredar a las futuras generaciones. El tratamiento al primer asunto conduce a la solución del segundo.

En las siguientes páginas exploraremos qué son las externalidades y cómo pueden evitarse a través de diversos mecanismos. Veremos también qué es el cambio climático y cómo impacta en una ciudad con distintos factores de riesgo, como es la Ciudad de México. Además, revisaremos lo que la regulación local exige para mitigar el impacto climático y enunciaremos algunas alternativas con que cuentan los gobiernos para un desarrollo enfocado en la preservación medioambiental.

Marco Teórico: Las externalidades.

Las externalidades se definen como decisiones de consumo producción e inversión que toman individuos, los hogares y las empresas y que afectan a terceros que no participan directamente en esas transacciones (Vázquez, 2014). Las externalidades son impactos negativos no recogidos por los precios del mercado. La externalidad se produce no cuando existe algún impacto ambiental, sino sólo cuando este afecta a la función de beneficios de una empresa o cuando es percibido por las personas afectadas (Martínez Alier, 2001). La característica crucial de las externalidades es que los bienes que dan origen a aquellas interesan a los individuos, pero no se venden en mercados organizados (Varian, 2010).

Externalidades ambientales son los impactos externos sobre el medio ambiente y el bienestar social que ocasiona determinada actividad económica y que no son medidos a través del sistema de precios. Es decir, el costo social del impacto o daño ambiental ocasionado por esa actividad económica no se refleja en su estructura de costos y tampoco en el precio resultante de dicha actividad (Acquatella, 2005).

Existen externalidades cuando el consumo o la producción de un bien o servicio por un agente afecta directamente el bienestar o la producción de otro, sin ser compensada. Por seguir un ejemplo clásico: a las personas no les es indiferente que su vecino escuche música a un volumen alto durante la madrugada. La externalidad es clara: la molestia que produce el sonido tan alto no permite que las personas que quieren descansar puedan hacerlo. Si la externalidad no se *internaliza*, entonces en un mediano plazo, las personas que no puedan dormir satisfactoriamente desarrollarán malestares y problemas de salud. Otro ejemplo es el de la contaminación de un río por una fábrica textil; el agua contaminada termina con las especies, algunas enferman y mueren, otras se reproducen a un ritmo mucho menor que aquel que tendrían si el agua estuviera totalmente limpia. Por esto, la pesca se dificulta, cada vez sería más complicado encontrar especies sanas, y el volumen de producción de los pescadores de la zona disminuiría, afectando directamente a su economía.

El primer ejemplo corresponde a la externalidad en el consumo; el consumo de música en la madrugada afecta a otros individuos. El segundo ejemplo corresponde a la externalidad en la producción, pues los contaminantes que se vierten en el río son resultado de algún proceso productivo que al final genera desechos. Cualquiera que sea el tipo de externalidad, se debe buscar su *internalización*, es decir, su eliminación o mitigación, pues de lo contrario, el sistema de intercambios derivaría en grandes ineficiencias, como se mostrará más adelante.

Podemos imaginar con facilidad la problemática que esto encierra. En ambos sentidos, producción y consumo, existen externalidades. ¿Qué pasaría si un individuo "A" decide fumar un cigarrillo, cuyo humo molesta a un tercero? O ¿qué pasaría si un productor de huevo "B" cría a sus gallinas en el patio de su casa y entonces el cantar de las aves y el aroma de su estiércol inundan el piso de su vecino? Tanto la producción de huevo como el consumo de cigarro generan externalidades, pero estas tareas mejoran el bienestar tanto del individuo A como del individuo B, si lo vemos desde la óptica de las preferencias

individuales. El individuo A gana satisfacción al fumar un cigarrillo, y el individuo B genera un ingreso que le produce bienestar. Las tareas que realizamos muy probablemente tienen cierto impacto en terceros, el mejor caso sería aquél en el que pudiéramos mejorar nuestro bienestar sin menoscabar el de otros.

Para comprender mejor, resulta pertinente comentar la «eficiencia en el sentido de Pareto». Una mejora en el sentido de Pareto existe cuando encontramos una forma de mejorar el bienestar de un agente sin empeorar el de algún otro. Si una asignación puede ser mejorable en el sentido de Pareto, esta asignación es entonces denominada «ineficiente en el sentido de Pareto» (Varian, 2010). Asumamos que todas las asignaciones son eficientes en el sentido de Pareto, pues lo lógico es que si es posible incrementar un beneficio sin perjudicar a un tercero, se incrementa. De aquí se deduce que no hay más intercambios voluntarios por realizar (y por voluntarios queremos decir que los dos agentes están deseosos del intercambio), pueden existir intercambios que beneficien a un individuo en gran medida, pero que perjudiquen a otro, entonces este no sería un intercambio voluntario. Pero dentro de una economía los intercambios no pueden limitarse a la eficiencia en el sentido de Pareto, de ese modo la restricción sería tal que limitaría a la producción a ser realizada en condiciones de ineficiencia, dando por resultado una economía con bajo crecimiento y con necesidades insatisfechas.

El mercado por sí mismo no logra asignaciones eficientes en el sentido de Pareto cuando existen externalidades. Por lo anterior, los intercambios deben darse de forma ordenada, en donde intervengan diversas instituciones que ayuden al mecanismo de mercado a desenvolverse de manera eficiente. Existirán productos o consumo que beneficien a una parte de la comunidad mientras perjudican a otra, pero deberá depender del tamaño del beneficio y del perjuicio para los distintos agentes que esta producción o consumo pueda realizarse o no; esto en una primera etapa, porque en realidad, los perjuicios deben ser mitigados.

Pero aquí surge otra problemática: para llegar al intercambio óptimo se necesita un punto de partida para las negociaciones entre los agentes. Las preferencias de cada uno de éstos pueden ser tan distintas, que imposibiliten la formación de un acuerdo. Volviendo al ejemplo, una persona fumadora que se encuentra en la misma habitación que una no fumadora, decide encender un cigarrillo. Es posible que ninguno de estos individuos esté dispuesto a conceder el derecho a fumar o el derecho a respirar aire limpio. La eficiencia a la que nos referimos, versa precisamente en la obtención del máximo beneficio para un agente, al menor costo para otro.

Resulta evidente que los derechos de propiedad juegan un rol clave. Para comprenderlo, pensemos ahora en un sujeto “A” que se transporta a diario hacia su lugar de trabajo en un vehículo automotor, que funciona con gasolina, y en un sujeto “B”, que se transporta en bicicleta por una ruta semejante. ¿Es el sujeto A quien tiene derecho a emitir CO₂, o es el sujeto B quien tiene derecho a respirar aire limpio? Siendo la primera opción, el sujeto B respirará aire sucio durante su trayecto en bicicleta, y tiempo después podrá presentar malestares, enfermarse, o disminuir su condición física. Si fuera lo contrario, entonces el sujeto A no podría utilizar su vehículo de gasolina, porque esto afectaría directamente al sujeto B.

La respuesta a esta pregunta debe estar claramente dada por alguna institución rectora dentro de la ciudad de la que se trate, pero es esta parte la que cobra relevancia. La institución no podría darle el derecho absoluto al aire limpio al sujeto B, porque el sujeto A tendría que encontrar un transporte alternativo a su vehículo automotor¹, lo cual posiblemente no le sea fácil, dadas sus necesidades. Si no existe una ruta de transporte público que le convenga, si el servicio de este transporte es de baja calidad, si la ruta es muy larga o intrincada, o si se presenta cualquier otra adversidad, el sujeto A no tendrá otra alternativa más que transportarse en su vehículo automotor. Si la institución concede el derecho al aire limpio al sujeto B, afectaría directamente al primero, derivando en ineficiencias, pues a esta persona le costará más tiempo y/o dinero poder llegar a su lugar de trabajo. Del mismo modo, no se le puede conceder el derecho absoluto a contaminar al sujeto A, pues las emisiones de su vehículo resultan altamente perjudiciales para la salud del sujeto B.

La concesión de este derecho no puede ser absoluta, porque deriva en ineficiencias (dificultad en el traslado para A, problemas de salud para B). Por ello, se le concede a ambos el derecho que exigen, pero en una proporción diferente. El sujeto A puede transportarse en su vehículo automotor, siempre que este mantenga sus emisiones por debajo de cierto límite. El sujeto B seguirá siendo afectado, pero ahora en un menor grado. Sin embargo, y dado que a ojos vistas el ciclista sigue siendo afectado, la medida no debe terminar ahí. ¿Qué debería hacerse para mitigar o internalizar las afectaciones que la emisión de CO₂ continúa provocando?

Si los derechos de propiedad del bien que genera la externalidad están bien definidos – independientemente de quién los posea-, los agentes pueden intercambiar su dotación inicial y trasladarse a una asignación eficiente en el sentido de Pareto. Si creamos un mercado de la externalidad para fomentar el comercio, también conseguiremos el mismo resultado. Si los derechos de propiedad están bien definidos y existen mecanismos de negociación, los individuos pueden intercambiar sus derechos a generar externalidades de la misma forma que intercambian sus derechos a producir y consumir bienes ordinarios. El intercambio entre los agentes daría lugar a una asignación eficiente de la externalidad. En general, la cuantía de las externalidades que se genera en la solución eficiente depende de quién tenga los derechos de propiedad. La excepción a esta regla está dada por el *teorema de Coase*, en donde las preferencias son cuasilineales, y por lo tanto, todos los intercambios eficientes generan la misma cantidad de externalidad (Varian,2010). Para nuestro propósito esto no cobra relevancia, porque la cantidad de externalidades generada no es homogénea, y de ella dependerá el mecanismo de incentivos para internalizarlas.

Para determinar cuál es la asignación óptima, debemos conocer un punto de partida en las preferencias de cada agente o individuo, es decir, su dotación inicial de recursos, desde la que comenzarán la negociación. El ideal es que la contaminación tenga precio negativo, es decir, que quien la “consume” reciba una compensación dada por quien la produce.

Con los derechos de propiedad claramente definidos se hace posible la aplicación de un esquema alternativo, en el que el gobierno fija la cantidad de emisiones que un productor

¹ El gobierno tendría que garantizar el acceso a transporte alternativo para poder prohibir el uso de vehículo automotor.

o un consumidor pueden liberar al medio ambiente. De este modo se permite que las partes no se vean totalmente limitadas en su actividad (el productor continúa su producción mientras se mantenga por debajo de cierto nivel de emisiones, y el consumidor recibe una externalidad menor a aquella que recibiría si el productor no tuviera un límite establecido).

Mediante el marco legal, el gobierno logra reproducir el papel del mercado, fijando precios que reflejen el costo social de las externalidades. Asimismo, se abre el camino para que se realicen los intercambios necesarios y se llegue a un ajuste en el mercado. Si todo el sistema económico está impregnado de externalidades, entonces éstas podrían dejar de ser consideradas como una falla de mercado, y en cambio ser vistas como éxitos en la transferencia de costos. (Martínez Alier, 2001). Lo ideal es hallar un mecanismo que las transfiera a los precios.

Es distinta la cantidad que un agente está dispuesto a pagar por evitar una externalidad, que la cantidad que estaría dispuesto a recibir por aceptar la externalidad. En el primer caso el agente se encuentra limitado por el nivel de ingreso que posee, así que habrá un punto en el que aceptaría la externalidad porque este precio sería mayor que su precio de reserva. Si el caso fuera contrario, seguramente el individuo estará esperando recibir una cantidad mayor por aceptar la externalidad, que aquella cantidad que tendría que pagar por evitarla. El individuo alegaría que tiene derechos, entre los que se encontrará el derecho a no ser afectado por un tercero. Por ello es que en esta discusión los derechos son el punto de partida: ¿tenemos derecho a respirar aire limpio, o tenemos derecho a contaminar? Como sugerimos anteriormente, las actividades económicas suponen daños ambientales, en mayor o en menor medida, ¿tenemos derecho a producir un bien o un servicio pese a que dañe a un tercero, o es que sin el consentimiento de éste no podríamos comenzar la producción? Los derechos iniciales deben estar claramente definidos para poder encontrar la vía adecuada para realizar cierta producción, o para desarrollar un proyecto. En este análisis debemos partir de que todo individuo tiene derecho de facto sobre el medio ambiente.

Casi todas las decisiones económicas tienen implicaciones ambientales. Cualquier actividad económica implica directa o indirectamente, degradación ambiental.² Esto sugiere que con cada actividad de consumo o de producción que realicemos, estaremos afectando directa o indirectamente al medio ambiente. De aquí podemos deducir que las externalidades son deseconomías externas, dadas por el incremento en nuestro consumo o producción.

Internalización

El mercado no da solución por sí solo a los problemas ambientales, por muy bien delimitados que estén los derechos de propiedad (Ibid), pero una solución para reducir la contaminación es gravarla. Este es el *impuesto pigouviano*.³

² Esta idea ha sido históricamente identificada; por ejemplo, fue bien expresada por William Petty, en el siglo XVII, cuando aseguró que “el trabajo es el padre de la riqueza, y la tierra, su madre”.

³ Así nombrado en honor al economista inglés A.C. Pigou, quien lo plantea formalmente.

Existen distintos instrumentos de política para reducir el nivel de emisiones en una ciudad. Uno es el impuesto pigouviano (el que contamina paga), el estímulo fiscal, que puede presentarse en forma de subsidio, de subvención o de exención, las multas, entre otros.

Es importante notar que independientemente del mayor o menor efecto que la aplicación de cada uno de estos pueda tener, al final convergen en un objetivo ambiental que es determinado políticamente. Y este objetivo para nada representa un nivel óptimo; encontrar un nivel óptimo de contaminación se antoja complicado si no es que imposible, porque no hay una manera eficaz de medir el valor monetario de los impactos ambientales. Las normas ambientales son entonces definidas exclusivamente desde la óptica ambiental, y no desde la económica. Los instrumentos de política ajustan el factor económico al factor ambiental y de este modo la política ambiental busca que el nivel general de emisiones se mantenga en el rango que se asume como aceptable, utilizando como fuerza de atracción a éste el factor pecuniario. Debe existir el máximo vínculo posible entre la base imponible y la contaminación efectiva.

Asimismo, los incentivos representan una alternativa adecuada para reducir los niveles de contaminación. Se debe recompensar a quien contribuya con la causa ambiental, en los términos que el objetivo político prevea.

En los ejemplos usuales de corrección medioambiental mediante la vía impositiva, un riesgo es aislado en un solo mercado y es fácilmente medido y valuado, y la contaminación y daño ambiental continuos, son tolerados a cambio del pago de una penalización determinada por un impuesto sobre la externalidad (Arnold, 1994). Sin embargo, casi cualquier regulación ambiental altera las condiciones en el resto de los mercados, más que en el directamente objetivado.

¿Cuál resultaría ser el mecanismo más eficiente con que cuenta el gobierno para disminuir el nivel de contaminantes que son enviados a la atmósfera? Un impuesto pigouviano presenta dificultades desde la óptica del mercado. Su magnitud dependerá de la elasticidad del producto o sustancia que haya sido gravada. El impuesto sobre un producto contaminante incrementa el precio de cualquier producto que lo contenga como insumo. De no existir un bien sustituto para este producto cuyo precio ha incrementado, entonces este bien es bastante inelástico o perfectamente inelástico, pues es un bien cuyo uso no es posible evitar o reemplazar; la pérdida de bienestar recae en los consumidores, que seguirán demandando el producto, pero a un precio mayor. Asimismo es evidente que el nivel de contaminación es el mismo, porque el consumo no ha cambiado. Bajo estas condiciones, solamente habrá incrementado el precio del producto, sin un beneficio ambiental. Ahora, si el producto tuviera un sustituto, sería elástico, y el aumento en su precio orientaría al consumo hacia el bien sustituto.⁴

Si la demanda por un producto es empinada, el costo social de la regulación ambiental aplicada a la oferta y al consumo, será mayor. La elasticidad en la demanda de un producto va a depender de si tiene sustitutos. Si la demanda es inelástica, es porque no

⁴ Es importante aclarar que aquí se asume que el precio del bien sustituto no incrementa porque no tiene como bien intermedio al bien que se ha gravado. El consumo de este bien implica entonces un beneficio ambiental. Sin embargo, podría darse el caso en que la mayor demanda presione a la alza el precio del bien, de este modo el beneficio es exclusivamente ambiental.

tiene sustitutos, y entonces el aumento en el precio de este bien afectará el bienestar de las personas directamente, que estarán consumiendo a un precio mayor.

El impuesto pigouviano puede acompañarse con mecanismos de incentivos fiscales que propicien el desarrollo tecnológico que permita alcanzar las metas de calidad del aire establecidas. Consideremos por ejemplo que la demanda de energía incrementará en nuestro país en medida que la población crezca. Debemos evitar el aumento de la contaminación por distintas vías. La vía impositiva es la más eficiente. Es imposible pensar en limitar su producción, sin embargo, es posible y de hecho viable que se establezcan requerimientos de obras de mitigación a los productores de energía, o que, en su caso, paguen impuestos altos por emitir contaminantes, con los que el gobierno puede mitigar o tratar de compensar el perjuicio ambiental. Considerando lo anterior, la contaminación no puede ser reducida mediante una contracción de la producción; la solución consiste entonces en cambiar la forma en que la energía es producida, estimulando la generación de tecnologías limpias. No resulta eficiente gravar la producción de energía, por el contrario, el impuesto debe estar en las emisiones contaminantes.

Un gran productor de energía que a su vez sea un gran contaminante, tendría que pagar un alto impuesto bajo este esquema. El incremento en sus costos lo llevará a la implementación de recortes en su gasto corriente, como pueden ser los empleos que paga. Si reduce su número de empleados, entonces su producción también se verá reducida, y con ella la cantidad de emisiones que genera. Si reduce su producción también reducirá sus ingresos, y si los impuestos que paga por contaminar son mayores que su recorte en gasto corriente, entonces su utilidad se verá afectada. Existe la posibilidad de que el productor transfiera el impuesto al consumidor, aumentando el precio de la energía, sin embargo, el mercado actuaría automáticamente como un regulador, que limitaría los incrementos de precio de cada productor, y el resto de la demanda de energía sería satisfecha por el productor que mejores economías de escala genere, bajo este mismo marco jurídico.

Pero si este productor que mencionamos previamente implementara un proceso de producción de energía más eficiente, y por tanto más limpio, podría incluso incrementar su producción sin pagar impuesto por contaminar (o pagaría un impuesto deleznable), aumentando su nivel de utilidad. No sería necesario un incremento en la producción, dado que en comparación con la industria, su margen de utilidad resultará mayor por el simple hecho de pagar menos impuestos. Asimismo, recordemos que el gobierno tiene la opción de crear incentivos fiscales para aquellas empresas que coadyuven a la recuperación y/o preservación del medio ambiente.

La contaminación ambiental afecta a todos los habitantes de un mismo entorno; todos ellos reciben la misma cantidad de contaminación, sin importar su grado de aversión a esta. La contaminación es un bien con precio negativo, es decir, un mal. Como se mencionaba, una asignación eficiente de contaminación para cada habitante de la ciudad dependerá de la forma en que cada individuo la valore. Algunas personas estarán dispuestas a recibir una cantidad dada de contaminación a un determinado precio, y otras serán más sensibles y demandarán un precio mayor. Es tarea del gobierno el establecer compensaciones para los

afectados, y límites o sanciones a quienes contaminen. Lo ideal es que el impuesto pigouviano sea visto como una contraprestación que se canalice de manera directa a la mitigación del impacto ambiental y a la provisión de servicios públicos. De este modo, la ciudadanía recibirá el mal público (contaminación), pero a cambio de un beneficio expresado en diversas utilidades que mejoren el bienestar colectivo de otra manera, como alumbrado público, transporte, seguridad social, educación, y demás. Asimismo, este ingreso obtenido a cambio de calidad ambiental, debe destinarse a mecanismos que incentiven el desarrollo sustentable, como la construcción de ciclistas, la plantación de árboles, la conservación de espacios verdes, y la eficiencia energética en todos los sectores.

Si la calidad ambiental es un bien público, los derechos de propiedad no pueden ser definidos de manera automática, y se vuelve necesaria la intervención del gobierno. Al respecto, lo más importante es cómo concibe y determina el gobierno la calidad ambiental. Los estándares que fije deberán ser lo más acercados al consenso social.

¿Cómo se pueden trasladar las metas de calidad del aire al comportamiento individual? Solamente mediante el pago de impuestos, pero es importante saber que las metas de calidad ambiental pueden representar un freno para el crecimiento económico.

Con un precio cero en el uso del medio ambiente, los costos de oportunidad no son completamente apreciados. Especialmente si vemos a la naturaleza como un receptáculo de desechos, su degradación a un precio cero no considera su costo de oportunidad. La dotación perdida o dañada no es valuada económicamente, y se asume que el recurso está disponible per sé y al servicio del interés individual. De esta forma, la materia prima que se degrada o se consume en un proceso productivo o extractivo posiblemente no sea empleada de la manera más eficiente, y a su vez limite un proceso productivo alterno. Por ejemplo, la utilización de agua para la producción de papel encierra un costo de oportunidad alto, que es la privación del consumo de esta para beber, o un costo igual al del tratamiento potabilizador del agua. Si no existe un precio por contaminar, se genera un beneficio artificial para aquellos productores del sector intensivo en contaminación. Con un precio cero, el costo privado diverge del costo social. El objetivo de una política ambiental debe ser precisamente la convergencia de estos costos.

Existen intentos por expresar el daño causado por los contaminantes en términos monetarios, pero éste análisis resulta ambiguo. Recordemos que su valoración dependerá de las preferencias de cada uno de los individuos, y que la agrupación de las preferencias individuales, lo cual es el consenso para esta medición, no refleja fielmente el valor de la contaminación. Entonces no es incorrecto medir el daño ambiental en términos cualitativos, conservando el componente económico cuando sea posible.

Regulación.

Como se mencionaba en el capítulo de externalidades, es el marco jurídico el que determinará el punto de partida para que se realicen intercambios de externalidades. Este delimita los derechos y las obligaciones de la ciudadanía con respecto al medio ambiente. (Para estos propósitos, entendamos de manera simplificada los intercambios, asumiendo que se traducen en el consumo o disfrute del medio ambiente).

En noviembre de 1982, la Secretaría de Salud del Gobierno Federal Mexicano publicó las primeras Normas Oficiales Mexicanas de salud ambiental (NOM), las cuales establecen valores límite de los contaminantes criterio del aire. Estas normas son de observancia nacional y por lo tanto, las autoridades locales están obligadas a acatarlas (SEDEMA, 2011). En el monitoreo de la calidad del aire se emplean dos tipos de normas: las NOM de salud ambiental que establecen los límites permisibles para los contaminantes criterio, y las NOM técnicas que definen los métodos de medición de los contaminantes criterio. Los contaminantes criterio son los principales contaminantes que afectan la salud humana y los ecosistemas.

Entre 1993 y 1994 se realizó una revisión de las NOM, que definió nuevos límites para las PM₁₀, y para el monóxido de carbono, dióxido de azufre y partículas suspendidas totales, y nuevamente, en 2010, y posteriormente, en 2014, fueron modificadas.

El principal instrumento rector de la política de cambio climático local es la Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para el Distrito Federal (LMACC) y su reglamento. En cumplimiento a esta, la Ciudad de México, en línea con el arreglo institucional federal, desarrolla su propio programa de acción climática, con base en una estrategia local (SEDEMA, 2014).

De acuerdo con la LMACC, los instrumentos de política locales para la Ciudad de México son la Comisión Interinstitucional de Cambio Climático, el inventario de emisiones, la Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México, el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México, los programas delegacionales, el atlas de riesgo de la ciudad, el registro de emisiones, el sistema local de bonos de carbono, el Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México y el Fondo Ambiental para el Cambio Climático (*Ibid*). Cada uno de estos tiene una función específica para diseño e implementación de proyectos, definición de instrumentos y mecanismos de acción, mitigación y adaptación, difusión, diagnósticos, elaboración de reportes, financiamientos, incentivos, etc.

En particular, el Gobierno de la Ciudad de México ha construido un marco legal que busca frenar el daño ambiental ocasionado por cualquier agente económico que habite dentro de su perímetro. La Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal, publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal -aunque bajo otro nombre- el 13 de enero del 2000, representa un avance muy importante al respecto. En su artículo primero establece su objeto, conformado por varias fracciones. No obstante, para nuestros fines, su fracción tercera cobra mayor relevancia, que a la letra establece como objeto: *Conservar y restaurar el equilibrio ecológico, así como prevenir los daños al ambiente, de manera que la obtención de beneficios económicos y las actividades sociales se generen en un esquema de desarrollo sustentable.*

Asimismo, la fracción quinta del mismo artículo también establece como objeto el prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo en el Distrito Federal (ahora Ciudad de México), y su fracción séptima el regular la responsabilidad por daños al ambiente y establecer los mecanismos adecuados para garantizar la incorporación de los costos ambientales en los procesos productivos.

Esta ley define el daño al ambiente como la pérdida, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables de los hábitat, de los ecosistemas, de los recursos

naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas de las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como de los servicios ambientales que proporcionan.

La Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el DF establece que corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente establecer o en su caso proponer la creación de instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de los objetivos de la política ambiental en el Distrito Federal, contando con la opinión de la Procuraduría (ART 9°).

El artículo 11° determina que se establecerá la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, para la protección, defensa y restauración del medio ambiente y del desarrollo urbano, así como para instaurar mecanismos, instancias y procedimientos administrativos que procuren el cumplimiento de tales fines.

El artículo 13°, fracción I, establece que las autoridades del Distrito Federal están obligadas a promover la participación ciudadana en la gestión ambiental; el artículo 18°, fracción II, dice que las autoridades así como la sociedad, deben asumir en corresponsabilidad la protección del ambiente, así como la conservación, restauración y manejo de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad del aire, del agua y del suelo del Distrito Federal, con el fin de proteger la salud humana y elevar el nivel de vida de su población.

Además, en su artículo 36°, establece que La Secretaría de Medio Ambiente emitirá normas cuyo objeto será establecer:

I: los requisitos o especificaciones, condiciones, parámetros y límites permisibles en el desarrollo de una actividad humana que pudiera afectar la salud, la conservación del medio ambiente, la protección ecológica o provocar daños al ambiente y los recursos naturales;

II: Los requisitos, condiciones o límites permisibles en la operación, recolección, transporte, almacenamiento, reciclaje, tratamiento, industrialización o disposición final de residuos sólidos;

IV. Las condiciones de seguridad, requisitos y limitaciones en el manejo de residuos sólidos que presenten riesgo para el ser humano, para el equilibrio ecológico o para el ambiente:

Mediante la Evaluación de Impacto Ambiental, la autoridad evalúa los efectos que pueden generar la realización de programas, obras y actividades de desarrollo, sobre el ambiente y los recursos naturales. El procedimiento de evaluación de impacto ambiental comienza mediante la presentación del estudio de impacto ambiental en sus diferentes modalidades ante la Secretaría de Medio Ambiente, y concluye con la resolución o dictamen que esta emita.

Las modalidades de los estudios de impacto ambiental son seis: Evaluación Ambiental Estratégica, Manifestación de Impacto Ambiental Específica, Manifestación de Impacto Ambiental General, Informe Preventivo, Estudio de Riesgo Ambiental y Declaratoria de Cumplimiento Ambiental.

Así que de acuerdo con el artículo 46° de la Ley Ambiental de la Protección a la Tierra en la Ciudad de México, cualquier persona física o moral que esté interesada en la realización de obras o actividades que impliquen afectación al medio ambiente, o que generen un riesgo ambiental, requieren de una evaluación de impacto, y en su caso, de riesgo, previo a la ejecución de las mismas. Por ejemplo, dentro de este supuesto se encuentran los programas que promuevan cambios de uso en el suelo de conservación, cualquier actividad económica que prevea el aprovechamiento de recursos naturales de la Ciudad, cualquier obra o actividad que se pretenda realizar en suelos de conservación o en áreas de valor ambiental, o protegidas, o con vegetación acuática. Asimismo, cualquier obra o actividad que se pretenda realizar en predios con gran cobertura arbórea o cuerpos de agua, obras y actividades de carácter público o privado destinadas a la prestación de un servicio público, vías de comunicación, zonas industriales y comerciales, conjuntos habitacionales, obras de más de 10 mil metros cuadrados de construcción u obras nuevas en predios de más de cinco mil metros cuadrados para uso distinto al habitacional, por mencionar algunos ejemplos.

La Ciudad cuenta con un instrumento de política ambiental por el que se concentran diversas obligaciones ambientales de los responsables, esta es la Licencia Ambiental Única. Consta de un registro detallado de los responsables solicitantes, en ella se incluye información técnica específica que permite analizar con mayor claridad las implicaciones ambientales de los desarrollos, por ejemplo, incluye las emisiones a la atmósfera, la descarga de aguas residuales, la generación y disposición de residuos no peligrosos, generación de ruido y vibraciones, registro de emisiones y transferencia de contaminantes, almacenamiento, transporte y distribución de productos y subproductos, cantidad y naturaleza de los contaminantes a la atmósfera esperados, equipos para el control de la contaminación a la atmósfera que vayan a utilizarse, y programas de acciones para el caso de contingencias atmosféricas, que contiene las medidas y acciones que se llevarían a cabo cuando las condiciones meteorológicas de la región sean desfavorables, o cuando se presenten emisiones de contaminantes extraordinarias no controladas.

He enunciado estos artículos porque son los que marcan el inicio de lo que debería configurarse como una política integral de protección al ambiente. Establecen las limitaciones que deben existir para el desarrollo de proyectos, y las atribuciones de la autoridad local en materia de inclusión ciudadana en el desarrollo de la política. Debemos entender que la autoridad por sí misma es incapaz de resolver el problema de la contaminación, pues se requiere de la colaboración de cada ciudadano, por ejemplo, en la generación y disposición de residuos sólidos.

Esta ley no solamente contempla normas, sino también incentivos, como los que ubicamos en el artículo 62°: La Secretaría fomentará programas de autorregulación y auditoría ambiental y promoverá la aplicación de incentivos fiscales, a quienes participen en dichos programas. El desarrollo de la auditoría ambiental es de carácter voluntario y no limita las facultades que esta Ley confiere a la autoridad en materia de inspección y vigilancia. Y en el artículo 66°, fracción III: La Secretaría de Medio Ambiente elaborará y aplicará un programa de auditorías ambientales voluntarias, para lo cual deberá instrumentar un sistema de reconocimientos, estímulos y certificación de las empresas, que permita

identificar a aquellas que cumplan oportunamente los compromisos adquiridos como resultado de las auditorías ambientales.

Además, el aspecto económico es sin duda de relevancia mayor, y dentro del marco legal también deben existir previsiones en este sentido. En esta ley, afortunadamente se considera.

La finalidad de un marco normativo debe ser la regulación de la conducta de los agentes, de modo que su interés individual se alinee con el interés colectivo, en materia de protección al ambiente. Es deber de la Secretaría de Medio Ambiente el diseñar y aplicar instrumentos económicos que funjan como incentivos para el cumplimiento de la política ambiental de la Ciudad, y que propicien equidad en la distribución de costos y beneficios asociados al ambiente.

Mediante esta instrumentación se debe buscar que información completa sobre los costos ambientales y sus consecuencias sea incorporada al sistema de precios de la economía.

Estos instrumentos económicos pueden ser financieros, fiscales o de mercado, o mecanismos normativos y administrativos enfocados a esto mismo. Podemos identificar como instrumentos financieros a los créditos, las fianzas, los seguros de responsabilidad civil, los fondos y fideicomisos, siempre que sus objetivos estén dirigidos a la preservación del medio ambiente y al financiamiento de programas y proyectos con la misma finalidad. Como instrumentos de mercado identificamos a las concesiones, autorizaciones, licencias y permisos que correspondan a niveles preestablecidos de emisiones contaminantes en el aire, en el agua o en el suelo, y que correspondan a límites de explotación de recursos naturales, de acuerdo con la citada ley.

Los instrumentos fiscales son aquellos estímulos que incentiven el cumplimiento de las metas ambientales. Todos los incentivos (fiscales, financieros y administrativos) deben estar dirigidos a quienes se ocupan de observar las normas y los reglamentos de protección ambiental en la Ciudad. La contribución de las personas físicas y morales puede darse bajo distintas maneras, como instalando y operando tecnologías, sistemas, equipos y materiales, o realizando acciones que prevengan o reduzcan las emisiones contaminantes por debajo de las establecidas como límite por la legislación local. También se contribuye reduciendo y previniendo el consumo de agua y energía, aprovechando aguas de desecho y pluviales y desarrollando tecnologías e infraestructura que coadyuven al desarrollo sustentable.

El Gobierno de la Ciudad debe estar comprometido con establecer programas que permitan el ahorro de energía y su eficiente empleo. Además, debe buscar el desarrollo de nuevas fuentes, limpias y renovables, a fin de reducir la emisión de gases de efecto invernadero. De acuerdo con la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el DF, la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México queda obligada a promover la aplicación de estas nuevas tecnologías.

Esta ley, en su capítulo cuarto, contempla sanciones administrativas diversas: apercibimiento, multa por el equivalente desde veinte hasta cien mil veces la Unidad de Cuenta de la Ciudad de México vigente, clausura de las fuentes contaminantes, arresto

administrativo hasta por treinta y seis horas, la reparación del daño, decomiso de materiales y sustancias, demolición de obras relacionadas, y demás. Estas se aplican bajo distintas consideraciones de las que dependerá la magnitud de la sanción.

Ahora veamos un poco acerca de la Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para el Distrito Federal, publicada el 16 de junio de 2011.

Tiene por objeto el establecimiento de políticas públicas que propicien la mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la adaptación al cambio climático y el coadyuvar con el desarrollo sustentable.

Establece que el Fondo Ambiental para el Cambio Climático es la base de captación y canalización de recursos económicos para acciones de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en la Ciudad de México (considerando que la mitigación es la intervención humana para reducir las fuentes de emisión de GEI o de Compuestos con Efecto Invernadero).

Esta ley define el Mercado de Bonos de carbono como “transacciones nacionales o internacionales por la emisión y mitigación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, de acuerdo al precio de mercado de las toneladas equivalentes”. Obliga al Jefe de Gobierno de la Ciudad de México a atender los asuntos relativos a la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en la Ciudad de México así como fomentar, autorizar y revisar los instrumentos financieros para lograr los objetivos. Además, establece que el mismo, deberá cumplir con la suscripción de convenios, contratos o cualquier instrumento jurídico con el sector público, privado y social, que contribuyan al Programa de Acción Climática de la Ciudad de México, así como los Programas de Acción Climática subsecuentes, y fomentar proyectos para su registro ante la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto.

Esta ley también dicta que en materia de mitigación de GEI, se deben fomentar la creación de sitios de absorción de bióxido de carbono y la instalación de sistemas de naturización de azoteas, así como procurar la sistematización del manejo de residuos sólidos que no generen emisiones de metano.

Todavía más importante, esta ley contempla el fomentar la implementación de sistemas de transporte público sustentable, fomentar que el alumbrado público cuente con sistemas ahorradores de energía y de aprovechamiento de energía solar y el procurar el volumen de generación eléctrica con energías renovables, especialmente eólica, solar, mini hidroeléctrica, biomasa y basura.

En la misma ley, encontramos dentro del artículo 39º, que a efecto de contar con recursos suficientes para emprender las acciones plasmadas en ella, se constituirá un Fondo Ambiental de Cambio Climático, a efecto de contar con recursos suficientes para llevar a cabo acciones y proyectos de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. A esto se debe que en la Ciudad de México exista el Fondo Ambiental Público, cuyo objeto es destinar recursos a acciones de conservación del medio ambiente, la protección ecológica y la restauración del equilibrio ecológico y de los ecosistemas, garantizar el aprovechamiento

sustentable de los recursos naturales, desarrollar programas de inspección y vigilancia en la materia, cuidar a los animales, y reparar daños ambientales.

En general, todo esto con miras al desarrollo de procesos, actividades o mecanismos que retiren de la atmósfera un GEI o un compuesto con Efecto Invernadero y que frenen su producción o emisión.

En cuanto a incentivos, en el caso de la Ciudad de México, para el año fiscal 2017, se registran los siguientes estímulos en su Código Fiscal:

El artículo 276° estipula que las personas físicas o morales que para coadyuvar a combatir el deterioro ambiental, realicen actividades empresariales de reciclaje o que en su operación reprocesen parte de sus residuos sólidos generados, tendrán derecho a una reducción en el Impuesto sobre Nóminas, en los términos siguientes:

- I. Del 20%, cuando reprocesen o reciclen sus residuos sólidos, de un 33% hasta 44%;
- II. Del 30%, cuando reprocesen o reciclen sus residuos sólidos, de un 45% hasta 59%, y
- III. Del 40% cuando reprocesen o reciclen sus residuos sólidos, de un 60% hasta 100%.

A su vez, el artículo 277° declara que las empresas o instituciones que cuenten con programas comprobables de mejoramiento de condiciones ambientales tendrán derecho a una reducción respecto del Impuesto Sobre Nóminas, en los términos siguientes:

- I. Del 20%, cuando disminuyan sus condiciones normales de operación de un 30% hasta 44%;
- II. Del 30%, cuando disminuyan sus condiciones normales de operación de un 45% hasta 59%, y
- III. Del 40%, cuando disminuyan sus condiciones normales de operación de un 60% hasta 100%.

Las empresas industriales o de servicios ubicadas en la Ciudad de México que adquieran, instalen y operen tecnologías, sistemas, equipos y materiales o realicen acciones que acrediten prevenir o reducir las emisiones contaminantes establecidos por las normas oficiales mexicanas y las ambientales para la Ciudad de México, podrán obtener una reducción respecto del Impuesto Predial, en los términos siguientes:

- I. Del 10%, cuando adquieran, instalen y operen tecnología, sistema, equipos y materiales que reduzcan sus emisiones contaminantes de un 30% hasta 39%;
- II. Del 15%, cuando adquieran, instalen y operen tecnología, sistema, equipos y materiales que reduzcan sus emisiones contaminantes de un 40% hasta 49%, y

III. Del 20%, cuando adquieran, instalen y operen tecnología, sistema, equipos y materiales que reduzcan sus emisiones contaminantes de un 50% hasta 100%.

La regulación local en la Ciudad de México en materia medioambiental se alinea e incluso se basa en la regulación a nivel federal y busca un trabajo coordinado con los distintos niveles de gobierno. Es extensa y contempla una gran variedad de factores que influyen directamente en el medio ambiente y en la explotación de recursos naturales. En este sentido resulta completa y suficiente para poder encaminar a la Ciudad al desarrollo con miras a la preservación natural, no obstante, esto no se ve reflejado en la calidad del aire que la ciudadanía percibe a diario. En general los preceptos que se señalan resultan adecuados, sin embargo, los límites a la contaminación deberían ser más estrictos para que se obtenga el máximo beneficio de este marco legal y se logre un impacto positivo y visible en la calidad del aire y en la preservación del medio ambiente.

El Análisis Costo Beneficio.

El Análisis Costo Beneficio (ACB) es utilizado en el estudio de actuaciones sobre el medio ambiente. Consiste en comparar los costos de inversión y operación de un proyecto con los beneficios que este genera, con el objeto de decidir sobre la conveniencia de su realización (Contreras, 2004). En el análisis de proyectos, este método exige la traducción a términos monetarios de los beneficios y costos, utilizando para ello técnicas de valoración monetaria.

En la identificación de costos y beneficios de un proyecto es necesario determinar de forma cuantitativa los impactos positivos y negativos que genera el proyecto. La medición de estos beneficios y costos se hace mediante su cuantificación en unidades físicas y la valoración de estos consiste en transformar las unidades físicas en indicadores económicos. Finalmente se realiza una comparación de costos y beneficios en distintos instantes del tiempo, que se traduce en indicadores de rentabilidad. El más común de estos es el Valor Presente Neto VPN (*Ibid*).

De acuerdo con el documento citado arriba, los principales enfoques o escuelas en evaluación social de proyectos son el enfoque distributivo y el enfoque de eficiencia, siendo este último el de mayor aplicación en países latinoamericanos por su simplicidad y objetividad. Este enfoque de eficiencia parte de que una variación positiva del bienestar social es equivalente a que el Valor Presente Social sea positivo, considerando que este es la suma de todos los valores presentes para cada individuo, positivos y negativos. Bajo este enfoque, cualquier proyecto que tenga Valor Presente positivo resulta eficiente.

Por su parte, el enfoque distributivo asigna ponderadores variables de cambio en el bienestar social para cada individuo, con respecto al consumo de cada individuo. Por ejemplo, si consideramos que el cambio del bienestar con respecto al consumo para un individuo de altos ingresos es menor a cero, y para un individuo de bajos ingresos es mayor a cero, tendríamos que el beneficiar mucho al estrato de la población con menores ingresos derivaría en un efecto distributivo positivo. Puede ocurrir también lo opuesto, que el VPN del proyecto en cuestión sea positivo, pero que el bienestar social disminuya, debido a que el proyecto genera efectos regresivos en la distribución del ingreso. Este asunto no ocupa al enfoque de eficiencia y el proyecto sería realizado bajo este esquema. Es allí donde versa la diferencia fundamental entre estos dos enfoques.

Además de estos enfoques, de acuerdo con el mismo documento, existe el de necesidades básicas, que parte de las ineficiencias que subyacen en el enfoque distributivo, como el desarrollar un proyecto con ponderadores de cambio en el bienestar muy distintos para cada nivel de ingreso, donde al final, en el agregado, habrá un cambio en los ingresos muy bajo con respecto a la media del ingreso, lo que no generaría incentivos ni para el estrato de ingresos altos ni para el estrato de ingresos bajos. El enfoque de necesidades básicas entonces plantea que en las sociedades existe una disposición a pagar de los individuos y grupos de más altos ingresos, por mejorar el bienestar de los de más bajos ingresos, debido a que las mejoras de estos últimos les provocan una externalidad positiva. Esta disposición a pagar se manifiesta en la creación y funcionamiento de organismos sin fines de lucro, en la operación de organizaciones de caridad y en el hecho de que los representantes de la sociedad aprueben transferencias en forma de impuestos destinadas a financiar programas sociales. Un corolario de este enfoque es que los agentes económicos solamente están dispuestos a pagar por impactos positivos en las necesidades básicas del otro grupo de agentes.

En la valoración social de proyectos y en los Sistemas Nacionales de Inversión Pública se han caracterizado los proyectos de acuerdo con su efecto en el mercado, por ejemplo, como proyectos que incrementan la disponibilidad del bien se encuentran el agua potable, la electrificación y la telefonía. Proyectos que generan un incremento de oferta, disminución de precios e incremento en el consumo, como aeropuertos, mantenimiento vial o transporte caminero. Y proyectos de difícil medición y valoración de beneficios, como la educación, justicia, salud o tratamiento de residuos sólido. En estos últimos se asume que la provisión de estos servicios es socialmente rentable y por lo tanto las metodologías no pretenden medir beneficios, sino alternativas de mínimo costo o impacto social (*Ibid*).

Existe un método alternativo que se ha empleado en los Estados Unidos para obtener una aproximación al valor monetario que podrían tener los elementos medioambientales: el Método de Valoración Contingente (MVC), definido como *cualquier enfoque para la valoración de un bien que se basa en las respuestas individuales ante circunstancias hipotéticas planteadas en un mercado estructurado artificialmente* (Aguilera, 2011). Esta valoración es empleada en el caso en que no es posible conocer el valor monetario de un bien mediante un mecanismo de mercado. Así, se solicitan respuestas individuales a un cuestionario para conocer la disposición a pagar o la disposición a recibir un bien o un mal. Sin embargo, este método es poco común y probablemente poco eficiente.

A pesar de ello, es de gran importancia buscar el valor de la parte ambiental. Determinar el efecto sobre la eficiencia de las inversiones públicas ignorando un medio ambiente ineficiente y deteriorado conduce a aumentar los costos reales del crecimiento

Lo ideal es que los daños por contaminación sean compensados en su equivalente monetario, pero encontrar esta equivalencia es el problema mayor.

Hay que decidir si debemos permitir que A perjudique a B o que B perjudique a A. El problema consiste en evitar el perjuicio más grave. Es difícil llegar a esta determinación, pues debemos conocer el costo de oportunidad (el valor de lo que se obtiene, así como el valor de lo que se sacrifica para obtenerlo). Por ejemplo, en el caso del pescador que

mencionamos al comienzo, habría que decidir si el valor de los peces perdidos es mayor o menor que el producto que deriva de un proceso que origina la contaminación del río.

En el caso de proyectos con impacto medioambiental, el ACB no siempre es capaz de delimitar y considerar los daños ambientales con precisión y en su totalidad. Estudios y análisis específicos sobre impacto ambiental deben ser requeridos para el desarrollo de cualquier proyecto urbano. Las decisiones de inversión en la ciudad deben dejar de estar basadas únicamente en la rentabilidad que esta pudiera reportar. Más allá de la tasa interna de retorno tradicional (TIR), la TIR Social se muestra como una remediación bien planteada en cuanto a aspectos inherentes al desarrollo social, entre los que destaca la preservación del equilibrio ecológico. Por ejemplo, en el caso de proyectos de infraestructura vial como carreteras, puentes, túneles y vialidad urbana, se valora a precio social el ahorro de tiempo que este proyecto traerá para la ciudadanía. Para estos proyectos se utiliza el enfoque de eficiencia, pues no es posible evaluar individualmente el beneficio que le reporta a cada individuo el ahorro en tiempo, entonces se asume que es homogéneo el beneficio y que es positivo.

Cambio Climático.

A mediados del siglo XIX, John Tyndall, científico irlandés, demostró que no todos los gases que constituyen la atmósfera son igualmente transparentes a la radiación infrarroja, sino que las moléculas de vapor de agua H₂O, el bióxido de carbono CO₂, y el ozono O₃, son “opacos” a esa radiación, y por lo tanto, eficaces para capturar rayos infrarrojos. El vapor de agua es el más eficiente colector de calor, y por ello, un factor determinante. Sin embargo, el CO₂ es lo que realmente influye en el clima, pues determina la cantidad de vapor de agua que quedará presente en la atmósfera.

Svante Arrhenius, científico sueco, premio Nobel de Química en 1903, fue el primero en utilizar el concepto de *efecto invernadero*. Después del desarrollo de complejos cálculos, concluyó que una duplicación del CO₂ en la atmósfera, incrementaría en 4°C la temperatura de la Tierra. (Molina, 2017)

Como podemos ver, la preocupación por el cambio climático ha cobrado relevancia y resulta del interés de un número creciente de personas, pero no es tema nuevo. Cuando Arrhenius proponía esta hipótesis, recibió el voto de confianza de pocos, y su propuesta no logró marcar el comienzo del combate a esta seria problemática.

Las últimas cuatro décadas han sido las que plantean y documentan formalmente el impacto ambiental derivado de la actividad antropogénica. En la década de 1970 empiezan a orbitar los primeros satélites, retratando en su totalidad a nuestro planeta, cambiando abruptamente la perspectiva y el juicio de muchos respecto a este asunto. Comienza a comprenderse que la Tierra no es una fuente inagotable de recursos, y que la humanidad, cuyo crecimiento se ha acelerado notablemente en este mismo periodo, la consume entonces a un ritmo cada vez mayor, sin restaurar el daño. (Ibid)

Las condiciones climáticas se determinan principalmente dentro de la tropósfera, que está en los primeros ocho a diez kilómetros de altura sobre la superficie terrestre, y en menor medida, en la estratósfera, que se encuentra entre treinta y cincuenta kilómetros por

encima de la superficie terrestre. La composición química de estas capas será lo que determine el estado del tiempo, y en el largo plazo, el clima.

La naturaleza proporciona ciclos biogeoquímicos de reciclaje de elementos químicos, como el ciclo del carbono. Lo que ocurre en la economía es que estos ciclos son acelerados, y se libera a la atmósfera más dióxido de carbono del que la fotosíntesis puede asimilar, o más fósforo del que los océanos pueden absorber, por mencionar algunos casos, produciendo gases de efecto invernadero (Martínez, 2001).

El efecto invernadero es en términos simples, la retención en la atmósfera del calor producido por la luz solar. Existe un efecto invernadero natural, que es incluso indispensable para la vida de la mayoría de los organismos en el planeta, incluidos los humanos. Este garantiza el incremento de unos 33°C en la temperatura del planeta, la cual sería sin la existencia de la atmósfera, de alrededor de -18°C. Estaría congelada. Este efecto invernadero natural, sitúa a la temperatura en promedio en los 15°C. Es, pues, condición indispensable para la vida humana. Sin embargo, este efecto invernadero se magnifica por el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) que como podemos suponer, retienen el "calor" que irradia el Sol, elevando aún más la temperatura. Sin atmósfera, como hemos mencionado, la Tierra estaría congelada, pues toda la radiación infrarroja sería reflejada con facilidad hacia el exterior, sin retención de calor. El hielo, la nieve, las nubes y los grandes desiertos con escasa vegetación son responsables de reflejar el 30% de la energía electromagnética (energía solar) de vuelta al exterior, El resto es absorbido por la superficie terrestre, es decir, océanos y continentes. (Molina, 2017)

La Tierra también emite radiación infrarroja, de vuelta al exterior, y algunos gases como el oxígeno y el nitrógeno (que en conjunto representan el 99% de la atmósfera, 21% y 78% respectivamente) no bloquean su escape de la atmósfera. Por otro lado, el vapor de agua, el CO₂, el gas metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y particularmente los clorofluorocarbonos (CFC) bloquean eficazmente la radiación infrarroja. Los CFC son producidos por el hombre; en la atmósfera no se encuentran de manera natural. Sin embargo, el resto sí es producido naturalmente. El vapor de agua por la evaporación de océanos, lagos, etcétera. El CO₂ por la respiración, erupciones volcánicas y por la descomposición orgánica. El metano por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica y por la actividad digestiva de animales rumiantes. El óxido nitroso se produce por la actividad bacteriana, aunque en muy pequeña proporción (Molina, 2017).

La consecuencia directa más clara de la acumulación de GEI es la elevación de la temperatura media de la superficie de la Tierra. Este es el detonante del cambio climático, e influye directamente en la aceleración del deshielo de los casquetes polares y de los glaciares de las altas montañas del planeta.

Este deshielo provocaría aumento en el nivel del mar, que de acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos en el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), sería de 65 a 75 cm para el año 2100, en promedio (IPCC, 2013).

Asimismo, el incremento de la temperatura del mar intensifica los huracanes, tifones y ciclones, pues al generarse aire más caliente, los vientos se cargan con más agua.

Un cambio abrupto en el clima plantea riesgos porque esta modificación se da tan rápido que la sociedad no tiene manera de adaptarse sin absorber costos sociales y económicos muy grandes.

El incremento en 1°C en la temperatura puede generar un incremento de entre 10 y 30% en las tasas de respiración en plantas, sin que se eleve la tasa de fotosíntesis. (Molina, 2017). Esto quiere decir que habrá mayores cantidades de CO₂ y metano, con niveles menores de producción de biomasa que se fija en las plantas, es decir, que las plantas además de procesar de manera distinta el dióxido de carbono, perderían tejido y se reducirían.

El cambio climático podría ser de gran alcance, pues al afectar el ciclo de alguna especie animal o vegetal, desencadenaría afectaciones a ecosistemas completos. El cambio en las temperaturas fuerza a las especies a migrar, y no todas serían capaces de adaptarse a un nuevo ecosistema. Asimismo, la desaparición de especies vegetales dejaría sin alimento a algunos animales. Se alteraría por completo la cadena alimenticia. Además, este fenómeno también afecta al mundo marino, pues el agua de los mares retiene sustancias tóxicas que dañan la salud de los arrecifes y de otras especies marinas. En el nivel de las especies, el proceso de más marcado deterioro sería en la posible pérdida de especies endémicas, especialmente de los bosques de niebla, bosques de pino/encino, y de especies animales con poca capacidad de movilidad. El proceso de deterioro comenzaría por la pérdida de poblaciones para terminar con la desaparición de las especies. Los anfibios serían igualmente afectados, al ser los más sensibles a los cambios de temperatura; las especies endémicas de peces en lagunas, especies marinas que se desarrollan en los arrecifes, también serían gravemente afectadas. Las zonas húmedas o inundables se desecarían por la mayor evaporación, consecuencia del aumento en la temperatura (*Ibid*).

Los eventos climáticos extremos no solamente ponen en riesgo la integridad de las personas de manera directa, por ejemplo, pueden alterar el rendimiento de los cultivos básicos y poner en riesgo la seguridad alimentaria.

Según el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC), publicado por SEMARNAT, Las temperaturas promedio a nivel nacional han aumentado 0.85°C, y las temperaturas invernales en 1.3°C. También se han reducido la cantidad de días más frescos y han aumentado las noches cálidas. Proyectan para 2100 más de 4°C de incremento en la zona fronteriza con Estados Unidos, y de entre 2.54 y 3.5°C en el resto del país.

Para la Ciudad de México, para el lapso de 2015 a 2039, proyectan un incremento de entre 1 y 1.5°C en la temperatura promedio.

En síntesis, cuando hablamos de cambio climático nos referimos a los cambios en las características del sistema climático global (temperatura de la superficie terrestre y distribución de la precipitación) que tienen origen antropogénico. El Cambio Climático es la variación del clima, atribuible a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima (ALDF, 2011).

Consecuencias de la contaminación.

Se llama *contaminantes criterio* a los principales contaminantes que afectan la salud humana y los ecosistemas: Compuestos orgánicos volátiles (COV), Óxidos de nitrógeno (NOx), Partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀), Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}). Son producidos por vehículos de transporte, por la industria en general, por actividades domésticas, y por incendios forestales. Son nocivos para la salud. El NO₂ irrita las vías respiratorias y causa bronquitis y pulmonía, las PM₁₀ agravan el asma y provocan enfermedades cardiovasculares, y las PM_{2.5} agravan el asma, reducen la función pulmonar y se asocian con el desarrollo de diabetes (SEDEMA, 2017).

El 17 de octubre de 2013, la agencia especializada en cáncer de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés), anunció en su comunicado de prensa 221^o, que había clasificado la contaminación del aire como carcinógeno grupo 1⁵ para los humanos (International Agency for Research on Cancer, 2013). Expertos mundiales en la materia, convocados por la IARC, argumentaron que existían pruebas suficientes de que la exposición a la contaminación del aire es causante de cáncer de pulmón. Tras su evaluación determinaron que la mayor exposición a la contaminación atmosférica y a las partículas hacían mayor el riesgo de padecerlo.

Declararon que las fuentes predominantes de contaminación del aire son el transporte, la generación de energía estacionaria, las emisiones industriales y agrícolas, así como el cocinar y calentar alimentos en el hogar.

La contaminación puede causar daños severos a la salud de las personas en el corto y mediano plazo y por lo mismo limitaría las actividades de la población, pues resultaría riesgoso llevar a cabo actividades al aire libre. Además de esto, como hemos visto, en el largo plazo la contaminación trae como consecuencia el cambio climático, donde las consecuencias resultan más severas y de dimensiones mucho mayores. Cada ciudad en el mundo tiene una configuración distinta, como número de habitantes, infraestructura hidráulica, hospitalaria, parque vehicular, y demás, que son factores que determinarán la resiliencia que tendrá cada ciudad de cara al cambio climático. exploremos los factores de riesgo para la Ciudad de México.

Factores de riesgo y escenarios de cambio climático para la Ciudad de México.

La vulnerabilidad se define como el nivel en que un sistema es susceptible a los efectos adversos del cambio climático, y se da en función del carácter, la magnitud y la velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, de su sensibilidad y su capacidad de adaptación (Moreno y Urbina, 2008. Citado por SEDEMA, 2014).

La vulnerabilidad a la variación del clima en una ciudad se presenta a través de distintos factores de riesgo que dependen de su ubicación geográfica. En México y en particular en la capital, estos factores de riesgo son principalmente geológicos, hidrometeorológicos,

5 Grupo 1: El agente es cancerígeno para los seres humanos. Esta categoría se utiliza cuando hay evidencia suficiente de carcinogenicidad en humanos.

epidemiológicos y demográficos. Estos factores, que pueden causar desastres, se ven potenciados por el cambio climático, a continuación se enuncian los más relevantes.

Demográfico.

La densidad poblacional complica la prevención, especialmente en los asentamientos urbanos en rápida expansión (Zepeda, 2018) y conforme esta crece, se instala en zonas irregulares que son consideradas de riesgo, por tener suelo húmedo o no apto para la construcción.

El crecimiento exponencial de la población, la creciente demanda de energía y recursos, y el tipo de tecnologías que se emplean en la actividad económica, son factores que generan y aceleran el cambio climático. La población en la Ciudad de México creció a una tasa promedio de 43.9% entre la década de los 20 y la década de los 80, en cada una de éstas. La Capital es la segunda Entidad más poblada del país, con **8,985,339** habitantes, un 7.49% del total de la población, para 2015, de acuerdo con INEGI. Sin embargo, es la Entidad con mayor densidad de población, con 5,967.30 habitantes por kilómetro cuadrado, difícilmente comparable con las demás densidades, como se muestra a continuación:

Entidades más pobladas		Entidades de mayor densidad	
Estado de México	13.53%	Ciudad de México	5967.3 hab/km ²
Ciudad de México	7.49%	Estado de México	724.2 hab/km ²
Veracruz	6.78%	Morelos	390.2 hab/km ²

Cuadro 1. INEGI, México en Cifras, 2015⁶

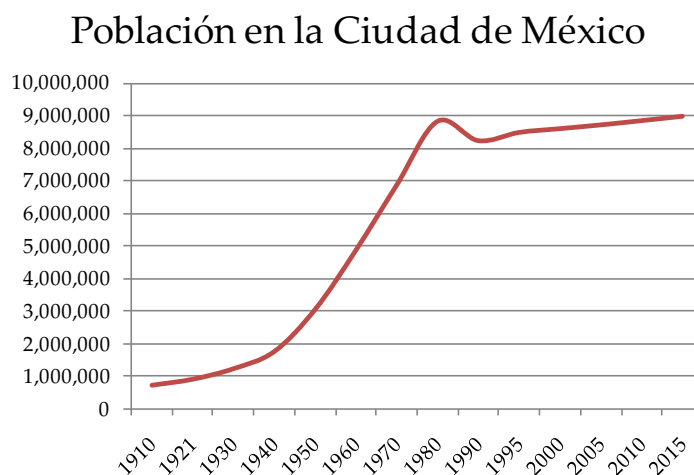


Gráfico 1. Fuente: *Ibid.*

Además, se estima que diariamente alrededor de 4.5 millones de personas se trasladan de la zona metropolitana hacia la Ciudad de México, principalmente desde el Estado de México, lo que aumenta la demanda de servicios como el agua y el transporte. Por ejemplo,

⁶ INEGI obtuvo estos datos ajustando la cifra de su Encuesta Intercensal 2015, estimando la población de viviendas colectivas, del Servicio Exterior Mexicano y la que carece de vivienda, que no estaba incluida en ella.

según datos del Proyecto del Programa General de Desarrollo Urbano del D.F. publicado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Ciudad de México en 2015, la Ciudad de México da servicio de transporte a 13.4 millones de habitantes diariamente, cuando su población es de alrededor de 9 millones. El transporte es la fuente que más contribuye a la contaminación en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Se estima que 46% de las emisiones contaminantes provienen de este sector. El transporte privado es el primer emisor de precursores de ozono y el segundo de partículas finas, después del transporte pesado de diesel.

La zona megalopolitana representó el 36.34% de los vehículos de motor registrados en el país en 2016, como se muestra en el siguiente cuadro:

Zona Megalopolitana	Parque Vehicular 2016
Estado de México	6,549,299
Ciudad de México	5,725,574
Puebla	1,419,604
Hidalgo	1,014,157
Morelos	576,327
Tlaxcala	445,909

Cuadro 2. INEGI, Vehículos de motor registrados en circulación.

El número de vehículos registrados en la Ciudad de México se ha mantenido en crecimiento a cada año. De 2000 a 2016 aumentó en 128%. Esto, aunado al número de vehículos que ingresan a la capital provenientes de otras entidades, deriva en un grado de emisiones contaminantes sostenidamente creciente y que conduce a todas las problemáticas que hemos descrito con anterioridad, disminuyendo la calidad de vida de las personas. El siguiente gráfico muestra el crecimiento del parque vehicular en la Ciudad de México:

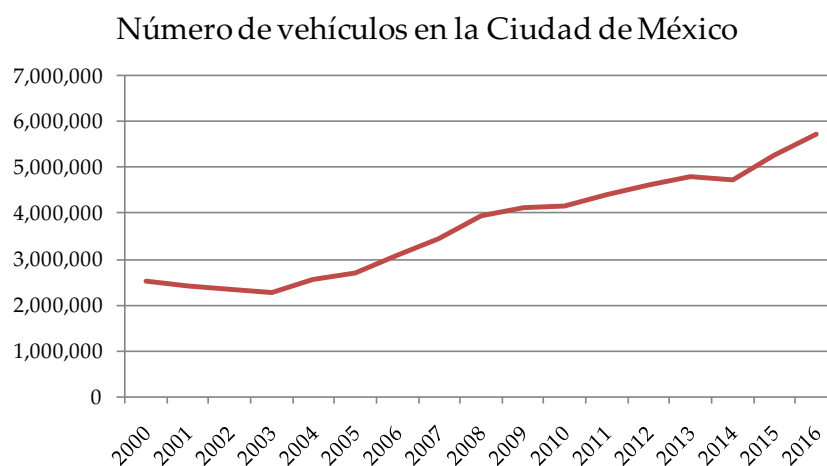


Gráfico 2. Elaboración propia. Fuente: *Ibid*

La Ciudad de México es la segunda Entidad con mayor participación en el parque vehicular nacional:

Entidad	% del parque vehicular nacional (2016)
Estado de México	15.25%
Ciudad de México	13.34%
Puebla	3.31%
Hidalgo	2.36%
Morelos	1.34%
Tlaxcala	1.04%
Total	36.64%

Cuadro 3. Elaboración propia. Fuente: *Ibid*

El principal factor de riesgo para la salud pública es la calidad del aire que se respira, pero adicionalmente, la urbanización transforma los hábitos de las personas en sentido negativo. El sedentarismo, los malos hábitos alimenticios, el consumo de sustancias nocivas y el aislamiento social son característicos de una sociedad urbana moderna (INSP, 2017). Producto de la conjunción de estos factores, la forma de padecer una enfermedad se ha transformado en las últimas décadas. Anteriormente, las personas morían a causa de episodios agudos desencadenados por una enfermedad, o lograban una recuperación total y satisfactoria. Ahora, las personas viven buena parte de su vida enfermas: nueve de sus 75.9 años de esperanza (Gómez-Dantés *et al.*, 2016).

Principales causas de pérdidas en salud utilizando diferentes indicadores, México, 2015				
No.	Defunciones	Años perdidos por muerte prematura	Años vividos con discapacidad	Años de vida saludable perdidos
1	Cardiopatía Isquémica	Cardiopatía Isquémica	Trastornos de órganos de los sentidos	Diabetes mellitus
2	Diabetes mellitus	Enfermedad renal crónica	Dolor de cuello y espalda baja	Cardiopatía Isquémica
3	Enfermedad renal crónica	Diabetes mellitus	Diabetes mellitus	Enfermedad renal crónica
4	Enfermedad cerebrovascular	Cirrosis	Trastornos depresivos	Trastornos de órganos de los sentidos
5	Cirrosis	Homicidios	Enfermedades de la piel y tejido subcutáneo	Dolor de cuello y espalda baja
6	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Anomalías congénitas	Migraña	Cirrosis
7	Alzheimer y otras demencias	Accidentes de tránsito	Otros trastornos musculoesqueléticos	Anomalías congénitas
8	Infecciones respiratorias bajas	Enfermedad cerebrovascular	Padecimientos orales	Homicidios
9	Accidentes de tránsito	Infecciones respiratorias bajas	Trastorno de ansiedad	Accidentes de tránsito
10	Homicidios	Complicaciones de parto prematuro	Anemia por deficiencia de hierro	Trastornos depresivos

Cuadro 4. Diferentes causas de pérdidas en salud. INSP, 2017. Elaboración propia con datos del Institute for Health Metrics and Evaluation.

El que la mortalidad disminuya, pero aumente la discapacidad o la pérdida de años de vida saludable, implica crecientes presiones financieras para el sistema de salud. El tratamiento a enfermedades crónicas dura en promedio 9 años, de acuerdo con el Instituto Nacional de Salud Pública.

A nivel mundial, en 2015, la exposición a riesgos ambientales fue responsable del 13% de los años de vida saludable perdidos (AVISA), es decir, de 3.5 millones, y del 16.3% (9.3 millones) de las muertes ocurridas. Dentro de estos riesgos se encuentran la contaminación del aire en el hogar, el agua y saneamiento inseguros, el lavado de manos sin jabón, y la contaminación por partículas ambientales, entre otros. En México, 8.8% de los decesos y 6.5% de los AVISA fueron atribuibles a la exposición a riesgos ambientales. (INSP, 2017).

Para este mismo año, de acuerdo con el documento previamente citado, la contaminación del aire en nuestro país y los riesgos ocupacionales (que implican la exposición a sustancias tóxicas) se ubicaron dentro de los diez principales factores de riesgo (y así ha sido desde 1990), contribuyendo con 2.5% de los AVISA.

Pero no es solamente la mala calidad del aire lo que plantea una amenaza para nuestra salud, las ondas de calor extremas son un buen ejemplo. Entre otros están las enfermedades relacionadas con vectores (como los mosquitos) que expanden su zona de influencia conforme se eleva la temperatura. También los incendios forestales, inundaciones y sequías son consecuencias de impacto directo.

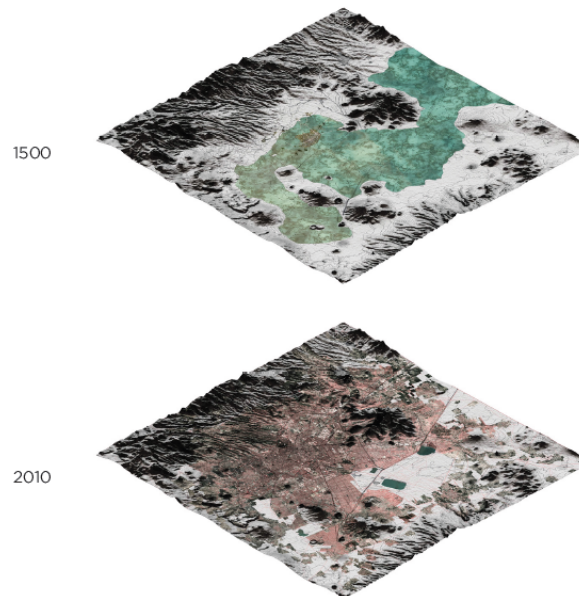
Geográfico.

La Ciudad de México se estableció en una zona lacustre, y esto plantea grandes retos en materia de resiliencia, pues con su acelerado crecimiento poblacional y la expansión de la mancha urbana, surgen dificultades como la inestabilidad del suelo, la generación de residuos, degradación de recursos naturales, contaminación, o lluvias torrenciales. Además, el cambio climático exacerba los efectos de estos fenómenos, como los que hemos mencionado: sequías, lluvias extremas, olas de calor, etc.

Al establecerse en una zona lacustre, dentro de una cuenca endorreica, la Ciudad requirió para su formación, múltiples obras hidráulicas para manejar y controlar la afluencia de los ríos y el nivel de agua de los lagos en las temporadas de lluvia, para evitar inundaciones. Además de esto, la separación del agua salobre proveniente del lago de Texcoco de las demás aguas dulces, permitía asegurar el abasto del líquido para la población. Sin embargo, esto también representa una problemática: se generó un fuerte estrés hídrico.

Como se muestra en la siguiente imagen, la Ciudad de México se fundó en suelo húmedo, sobre un lago, y conforme se ha desarrollado, ha ido secando las zonas sobre las que se ha expandido. Así, donde antes solamente había agua, actualmente hay una gran ciudad.

Evolución del subsuelo de la Ciudad 1500-2010.



Mapa 1. Evolución de la Ciudad de 1500 a 2010. Estrategia de Resiliencia CDMX 2016.

El rápido crecimiento poblacional ha traído consigo el surgimiento de asentamientos irregulares en zonas de pendientes inestables o laderas, en áreas prioritarias para la recarga del acuífero y en zonas inundables (SEDEMA, 2016).

Los fenómenos naturales se convierten en desastres solamente cuando entran en contacto con la población. El desastre se debe a que nos hemos establecido en territorios expuestos a los fenómenos. Hemos modificado los ecosistemas y le hemos dado diversos usos a suelos que muchas veces resultan inadecuados.

Al modificar el suelo, las lluvias no pueden filtrarse, y al seguir su cauce provocan severas inundaciones, erosiones y otros fenómenos perturbadores.

Los asentamientos humanos pueden estar expuestos a estos fenómenos, dependiendo de la naturaleza del suelo que han ocupado. Algunos son más vulnerables que otros, y esto depende de su susceptibilidad y capacidad para afrontar las adversidades que genera el cambio climático. La combinación del factor vulnerabilidad, más el factor de ocurrencia de un fenómeno natural, configuran un riesgo.

Como sociedad no podemos evitar la ocurrencia de estos fenómenos, pero sí podemos generar una buena capacidad de respuesta, y esto depende de distintos factores, entre ellos, la adaptación. La adaptación es un proceso de ajuste, de modificaciones que realiza una sociedad ante una expectativa, para reducir su grado de vulnerabilidad. Por ejemplo, si una ciudad conoce que tiene un riesgo alto de inundación por ubicarse en un humedal, entonces buscará reducir su grado de vulnerabilidad construyendo diques, presas y un buen sistema de desagüe. Asimismo, las sociedades, tras haber sido afectadas por algún fenómeno, buscan restablecer sus condiciones previas rápidamente. A esto se le conoce como resiliencia.

La resiliencia, de acuerdo con la Estrategia de Resiliencia CDMX 2016, es entonces la capacidad de las personas, comunidades, empresas y sistemas que se encuentran dentro de una ciudad para sobrevivir, adaptarse y crecer, independientemente de los tipos de tensiones crónicas e impactos agudos que experimente. Este mismo documento nos dice que las tensiones son factores que debilitan la estructura de una ciudad diariamente o de forma cíclica, por ejemplo: falta de acceso a vivienda popular, tasa de desempleo alta y generalizada, pobreza y desigualdad, infraestructura en deterioro, contaminación del agua o del aire, sequía y escasez de agua, inseguridad y violencia, inestabilidad social, condiciones macroeconómicas deficientes, entre otros. Y los impactos son eventos repentinos y bruscos que amenazan a una ciudad, como sismos, huracanes, lluvias, inundaciones, olas de calor, incendios, tornados, pandemias y demás.

Otro aspecto natural, que sitúa a la Ciudad de México en una situación ambiental más compleja que la de otras entidades, es su espacio aéreo. Comencemos por definir lo que es una cuenca atmosférica.

“Una cuenca atmosférica es un volumen de aire que está separado de otro por factores geográficos o meteorológicos” (INECC, 2008). Al hablar de ella nos referimos a una zona geográfica donde los contaminantes atmosféricos de fuentes "aguas arriba" o dentro del área de flujo están presentes en el aire.

Es una región geográfica delimitada por obstáculos topográficos de origen natural. Estos ocasionan que en ella se modifique la circulación general de la atmósfera sobre la superficie, dando lugar a la formación de vientos locales diferentes del flujo de la atmósfera libre. Estos vientos determinan el transporte de las masas de aire dentro de la región. Por lo tanto, son responsables en la dirección de su transporte y en los procesos de dispersión (o de acumulación) de los contaminantes del aire (Davydova, n.d).

El documento *Cuencas Atmosféricas del Estado de México* las define como un espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales con características meteorológicas y climáticas afines, donde la calidad del aire a nivel estacional está influenciada por las fuentes de emisión antrópicas y naturales en el interior de la misma, y en ciertos casos, por el transporte de contaminantes provenientes de otras cuencas atmosféricas.

El uso de cuencas atmosféricas como unidad espacial permite una mejor gestión de la calidad del aire. Los gobiernos buscan definir regiones bajo aspectos físicos como la orografía y la dinámica de la atmósfera para poder facilitar su monitoreo. A decir del Instituto Nacional de Ecología, la definición de cuencas atmosféricas para su gestión ayuda a conocer a detalle la dinámica atmosférica, a implementar medidas preventivas en lugar de medidas de reacción, y a proteger con mayor eficiencia la salud pública, obteniendo mejor calidad del aire en el largo plazo. Todo esto despolitizando la toma de decisiones. (Caetano, 2008)

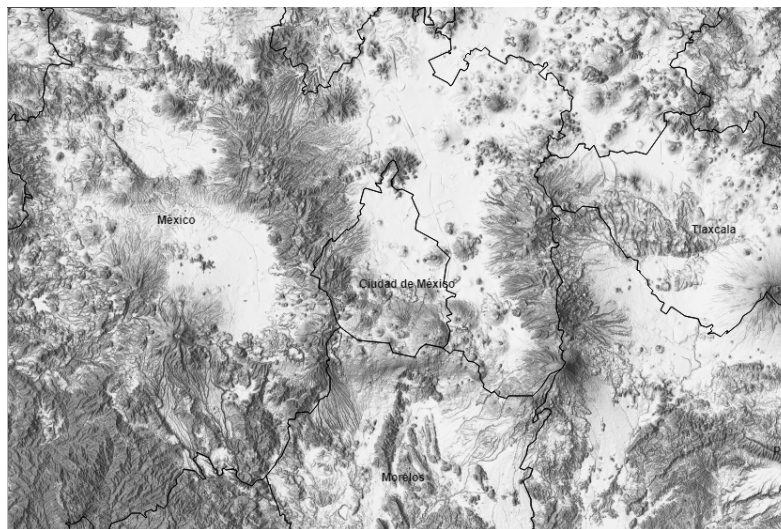
Las cuencas atmosféricas pueden sufrir daños por emisiones de diversas fuentes: urbanas, suburbanas, marinas, agrícolas y demás. El caso de la Ciudad de México es particularmente complejo, pues se encuentra dentro del Valle de México, que a finales de la década pasada estaba comprendido por 2000 kilómetros cuadrados de la Ciudad de

México, áreas urbanizadas del Estado de México, y de un municipio de Hidalgo, en conjunto.

El Valle de México representa el 16% de la Cuenca de México. Esta es cerrada y por ello recibe el nombre de *endorreica*, esto significa que la afluencia de sus aguas es hacia su interior, pues no cuenta con desagüe al mar. Se encuentra rodeada de sesenta montañas y volcanes, el Popocatepetl con 5438 metros de altitud, el Ajusco, con 4153 metros de altitud, y el Iztaccíhuatl con 5286 metros de altitud, destacan entre ellos. Además, le rodea una cadena de sierras, desde donde desciende el agua de 45 ríos. 14 de estos son perennes, nacen de manantiales en las partes altas y medias de las montañas. El resto son ríos temporales que se forman en la época de lluvias (Legorreta, 2013). La Cuenca de México es un ámbito geográfico comprendido por los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y la Ciudad de México. En ella tienen lugar los ciclos naturales del aire, agua, suelo y especies vivas que determinan las condiciones ambientales de la Ciudad de México.

Estas características impiden la circulación dinámica del aire. Las montañas que rodean a la Ciudad dificultan que las sustancias contaminantes se dispersen en la atmósfera libre y dan lugar a altas concentraciones de contaminantes dentro de la cuenca. Aunado a esto, la zona recibe contaminantes que son empujados por los vientos, procedentes de otras cuencas atmosféricas, deteriorando aún más la calidad del aire.

Vista del relieve circundante.

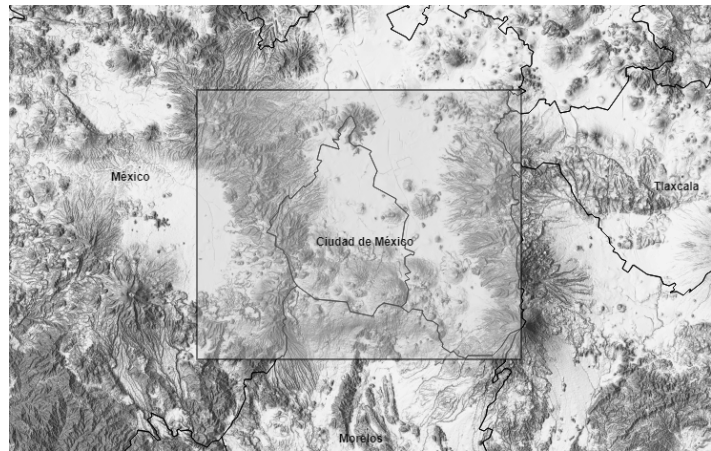


Mapa 2. Fuente: INEGI, datos de relieve continental. Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0)

Seleccionaremos un área más reducida que la anterior para analizar el relieve que efectivamente afecta a la Ciudad de México. Los siguientes mapas muestran a detalle el relieve de una parte de la Cuenca de México, incluyendo el Valle de México. El área que se muestra tiene las siguientes características:

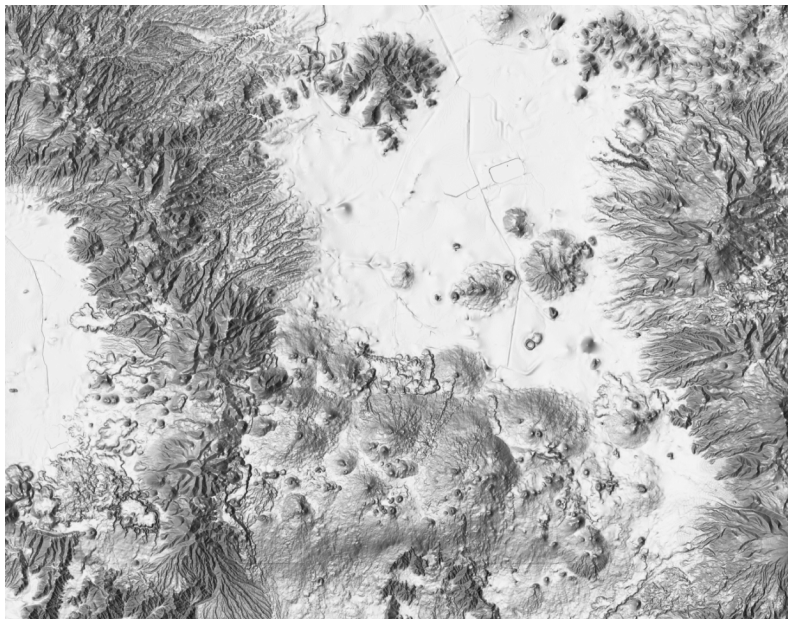
Coordenadas	(-99.56834, 18.93167), (-98.63176, 19.66493)
Área aproximada	8010.26971 Km ² (101.14988 * 79.19208 km)
Alturas	Mínima: 1246 m Máxima: 5199 m (-98.64343, 19.17998) Media: 2634.50167 Desv. Est: 476.3792

Área de selección.



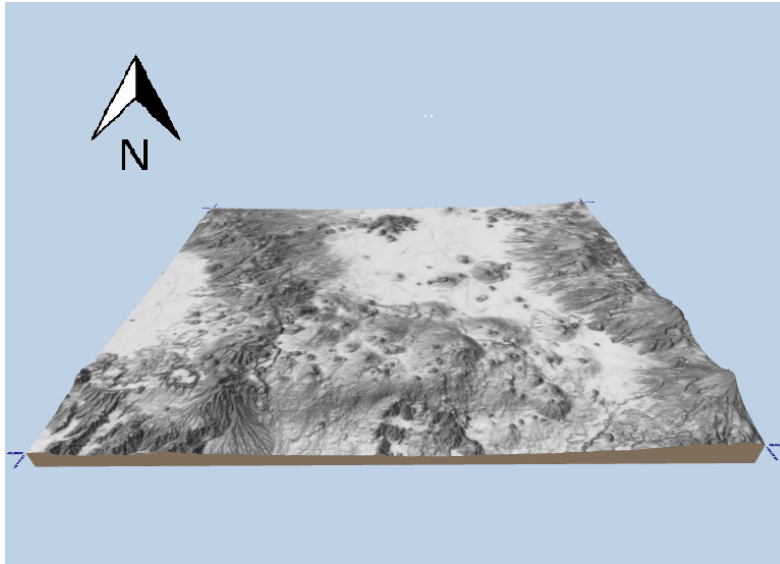
Mapa 3. Fuente: *Ibid.*

Enfoque del área seleccionada.



Mapa 4. Fuente: *Ibid.*

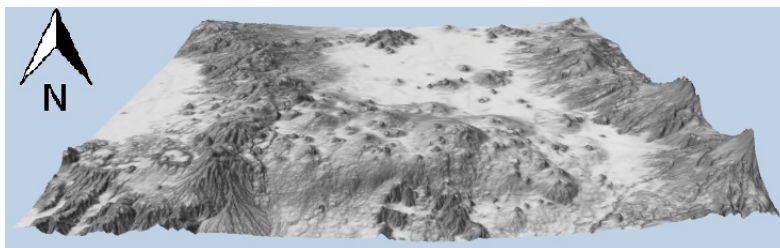
Esta imagen tridimensional permite apreciar con mayor claridad la forma de la cuenca. Es fácil notar que el territorio de la Ciudad de México se encuentra “encasillado” por montañas.



Mapa 5. Fuente: *Ibid.*

Aquí se exagera dos veces el volumen de las montañas, para una mejor apreciación.

Exageración 2.0



Mapa 6. Fuente: *Ibid.*

Fácilmente se aprecia que existe una cuenca atmosférica naturalmente determinada, y como se ha expuesto con anterioridad, representa un reto particular el mantener una buena calidad del aire en esta zona. La actividad cotidiana genera emisiones que se transformarán en contaminantes, que tardarán más tiempo en llegar a la atmósfera libre en comparación con un área llana en relieve. Además, como hemos mencionado, los vientos pueden transportar contaminantes hasta depositarlos en la cuenca. El problema de la contaminación en la Ciudad de México no depende solamente de la actividad que en ella se realice, también depende de la actividad en las regiones circundantes.

Inundaciones

Nuestro país es vulnerable al cambio climático simplemente por sus características geográficas. Sus relieves y su ubicación entre dos océanos lo hacen más vulnerable. La

Ciudad de México es particularmente susceptible a inundaciones, como lo muestra el siguiente mapa, extraído del PECC:



Mapa 7. Mapa de zonas susceptibles a inundarse. Elaborado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC.

Esto se debe a los factores geográficos que mencionamos anteriormente y a la posible combinación con factores de otro tipo, que podrían derivar en una catástrofe. Uno de los impactos esperados del cambio climático es el aumento en precipitaciones extremas que pueden derivar en una gran inundación, particularmente si se combinan con falta de mantenimiento de la infraestructura o con terremotos. Los encharcamientos e inundaciones que se presentan en la época de lluvias son uno de los impactos más recurrentes en la ciudad, que aunque generan daños económicos menores, afectan severamente el sistema de movilidad de la ciudad y de la zona metropolitana. Por ello es fundamental mejorar el aprovechamiento y el manejo del recurso hídrico, contemplando escenarios de cambio climático (SEDEMA, 2016).

Asimismo, la ciudad está expuesta a riesgos por sequías, pues actualmente la extracción de agua es superior a la recarga del acuífero en el Valle de México, por lo que de acuerdo con la Estrategia de Resiliencia de la CDMX 2016, en unos 30 o 40 años dejaría de ser la fuente principal de agua para esta entidad.

Desde la década de 1960, la Ciudad de México se ha visto afectada por un incremento en la temperatura que asciende a 0.020°C por década. Debido a malas prácticas de gestión de agua la ciudad ha modificado su equilibrio hídrico, por lo que enfrentará mayores situaciones de riesgo, asociadas a sequías e inundaciones y hundimiento diferencial del suelo (Sosa, 2020). Un incremento en lluvias torrenciales, consecuencia del cambio climático, haría que la capacidad de desagüe de la Ciudad de México se vea rebasada, derivando en inundaciones.

Además, se estima que la extracción de agua del acuífero Valle de México, que representa el 41.60% del caudal total a la CDMX, es 2.6 veces mayor a la recarga natural de acuíferos, lo que ha favorecido que la ciudad se hunda en aproximadamente 20 cm/año (*ibid.*).

Escenarios de Cambio Climático.

Para el análisis de efectos potenciales del cambio climático se crean modelos que de acuerdo con la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica del Gobierno de los Estados Unidos (NOAA por sus siglas en inglés) se basan en procesos físicos bien documentados para simular la transferencia de energía y materiales a través del sistema climático. Estos modelos pueden ser de distintos tipos, dependiendo de los factores que integren. En la mayoría de los estudios climáticos se considera al menos el comportamiento de la atmósfera, el océano y glaciares. En otros modelos se agregan los ciclos marinos y del carbón, la dinámica de la vegetación y algunos otros elementos que conducen a los modelos *Earth-system*. Los distintos tipos de modelos varían según su complejidad. Los Modelos de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés) tienen como objetivo el simular en estructuras tridimensionales a las corrientes de agua y aire, se han dividido entre Modelos Generales de Circulación Atmosférica (AGCM) y Modelos Generales de Circulación Oceánica (OGCM), un modelo también puede combinar estos dos factores (AOGCM por sus siglas en inglés). Existen también modelos muy simplificados para dar un vistazo a la dinámica del sistema climático, son los llamados Modelos de Balance de Energía (EBM) y los modelos que no son tan simples como un EBM ni tan complejos como un GCM son los llamados EMICs (*Earth Models of Intermediate Complexity*). En general, un modelo climático es una representación matemática de un sistema climático basada en principios físicos, biológicos y químicos (Goose *et.al*, 2008).

De acuerdo con la NOAA, científicos climáticos han propuesto nuevos escenarios que se enfocan en el nivel de GEI en la atmósfera a largo plazo. Estos escenarios son conocidos como Rutas de Concentración Representativa, *Representative Concentration Pathways* o RCPs. Cada RCP indica la cantidad en que se fuerza al clima, expresada en watts por metro cuadrado, que resultaría de GEI.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) define en su glosario de términos a los RCPs como escenarios que incluyen series de tiempo de emisiones y concentraciones del conjunto completo de GEI, aerosoles y gases químicamente activos. La palabra “representativo” denota que cada RCP da tan sólo uno de los múltiples escenarios posibles que podrían derivar en fuerzas radioactivas. El término “rutas” enfatiza la importancia de la trayectoria que sigan estas concentraciones para cada escenario.

Los RCPs se han constituido tras sesiones del IPCC donde se discutió la necesidad de crear escenarios socioeconómicos, climáticos y medioambientales para beneficio de actores políticos e investigadores. En estas mismas reuniones se definió que los escenarios tendrían dos horizontes, el de mediano plazo, que proyecta hasta el año 2035 y el de largo plazo que proyecta hasta el año 2100, y en algunos casos se extiende hasta el año 2300. Con base en estos modelos se tomarían decisiones de política en materia adaptativa, de mitigación de riesgos y resiliencia. Estos escenarios no deben ser considerados como proyecciones o límites absolutos, solamente son escenarios alternativos y plausibles para el

futuro (Moss *et.al*, 2008). Para evaluación del IPCC se desarrollaron cuatro escenarios que conducirían a niveles de fuerza radioactiva de 8.5, 6, 4.5 y 2.6 W/m² cubriendo el periodo de 1850-2100 y en algunos casos extendiéndolo hasta 2300 (Van Vuuren *et.al*. 2011). La fuerza radioactiva es un concepto científico que describe muy bien al calentamiento global y al efecto invernadero. La energía fluye constantemente hacia la atmósfera en forma de luz solar. Una parte de esta luz se refleja de vuelta al espacio y el resto es absorbida por nuestro planeta. La fuerza radioactiva, que se mide en watts por metro cuadrado, es una medida directa del impacto de la actividad humana, incluyendo GEI y el impacto de la deforestación, lo que cambia la capacidad refractiva de la superficie terrestre (Chandler, 2010).

Para estimar los efectos potenciales del cambio climático en la Ciudad de México, Fabiola Sosa, en el citado documento *Los impactos del cambio climático en la gestión del agua en la Ciudad de México*, analizó 24 modelos climáticos regionales para tres horizontes de tiempo: corto plazo: 2015-2039, mediano plazo: 2045-2069 y largo plazo: 2075-2099. Como base para el análisis se consideró la Cuenca del Valle de México (CVM), por ser la unidad ambiental más adecuada para estos fines. Los modelos estudiados por la autora comprendieron dos RCPs: RCP 4.5 y RCP 8.5. Halló que en el corto plazo la temperatura de la CVM podría incrementarse en promedio en 1.34°C anualmente y podría alcanzar hasta 2.4°C en verano, lo que podría reducir la precipitación en 2.25% en promedio anualmente, y esta reducción podría llegar a ser del 16.45% en verano. Para el mediano plazo, halló que la temperatura podría tener un incremento promedio en la cuenca de 2.67°C, pudiendo llegar a los 4.40°C en verano, reduciendo la precipitación en 4.31% y hasta en 21.12% en verano. Para el largo plazo, los modelos estimaron que la temperatura promedio anual de la cuenca podría aumentar en 3.73°C, pudiendo alcanzar los 6.61°C de incremento en verano, con impactos severos en la precipitación, que se reduciría en 4.98% y hasta en 25.70% en verano. Este impacto trastocaría distintos elementos en la ciudad, como la seguridad alimentaria por la mala calidad del agua, poca disponibilidad de la misma, impactaría directamente a la biodiversidad y a la salud de la ciudadanía.

En su publicación *Impactos y costos económicos del cambio climático*, el Gobierno de la Ciudad de México empleó dos escenarios de largo plazo al año 2100:

RCP 4.5: representa una mitigación intermedia de emisiones, y lleva a un aumento de temperatura promedio de 1.5°C.

RCP 8.5: representa muy altas emisiones, no implica ningún objetivo de mitigación y puede generar un aumento de temperatura promedio de 3.2°C.

Encontró que de acuerdo a estos escenarios, las consecuencias en determinados sectores podrían ser las siguientes:

Incremento de temperatura promedio.	1.5°C	3.2°C
Demanda de energía eléctrica.	Incremento del 10%.	Incremento del 22%.
Gasto en Sector Salud.	Incremento del 0.17% del PIB.	aumento del 0.36% del PIB.
Consumo de agua.	Incremento del 5.3%.	Incremento del 11%.
Turismo.	Reducción del 0.6% de turistas extranjeros y de 1.4% del gasto en turismo.	Reducción del 1.7% en turistas extranjeros y de 4.4% del gasto en turismo.
Sector Agrícola.	Disminución de entre el 10% y el 22% del valor de la producción.	Disminución de entre el 34.7% y el 36.8% del valor de la producción.

Cuadro 5. Escenarios RCP en la CDMX. Elaboración propia con datos de la Secretaría de Medio Ambiente de la CDMX.

Producción y demanda de energía.

Para producir energía se requiere de energía. Distingamos a la energía primaria, del consumo o demanda final de energía. La energía primaria contiene la demanda final de energía + la energía que se pierde en la producción de energía. En distintas ciudades la diferencia entre energía primaria y la demanda final de energía será mayor que en otras. Esto se explica por la eficiencia energética. Esta se define como el recíproco de la intensidad energética. En términos microeconómicos, la forma habitual de medir la eficiencia energética es a través de la intensidad energética. Este indicador refleja la relación entre consumo energético y el volumen de la actividad económica, y se calcula como el cociente entre el consumo energético y el PIB. Por tanto, es el inverso de la eficiencia energética, siendo necesario disminuir la intensidad para mejorar la eficiencia energética (Catalán, 2014). Frecuentemente se utiliza la intensidad energética (es decir, la utilización de energía por unidad del PIB) como un indicador de la eficiencia en el uso de energía, y se afirma que en una economía puede crecer la producción y el ingreso sin que aumente la demanda de energía, siempre que disminuya la intensidad energética (Martínez, 2001).

Por ejemplo, si para obtener electricidad se quema carbón o fuel-oil con una eficiencia de 33%, entonces, por cada kilocaloría de uso final en forma de electricidad necesitaríamos al menos 3 kcal de energía primaria. Todo el gasto energético necesario para disponer de energía forma parte del uso de energía primaria. Dependerá de los insumos en su producción el nivel de contaminación que conllevará. El grado de eficiencia del carbón es de 1/3, lo que significa que por cada unidad de energía que se produce con carbón, se pierden dos unidades. Sin embargo, la producción de energía resulta irreductible en una ciudad cuya dinámica y crecimiento la demandan cada vez en mayor medida. Si esta ciudad requiere de un volumen de energía mayor cada vez, y si esta energía es producida mediante un proceso poco eficiente, entonces el nivel de contaminación crecerá en manera más que proporcional que la oferta de energía. Volviendo al ejemplo del carbón, si la ciudad produjera anualmente 100 unidades de energía, y demandara en cada año siguiente 20 unidades más, entonces:

AÑO	INSUMO	ENERGÍA EFECTIVAMENTE UTILIZADA
1	100	33.33
2	120	40.00
3	140	46.66
4	160	53.33
5	180	59.99
6	200	66.66
7	220	73.32
8	240	79.99
9	260	86.65
10	280	93.32

Cuadro 6. Energía Efectivamente Utilizada. Elaboración propia con datos de Statistics Norway.

Note cómo del año 1 al año 2, los insumos empleados en la producción de energía se incrementaron en 20 unidades, mientras que las unidades de energía efectivamente aprovechada, es decir, las unidades que quedan para su disposición final, lo hicieron solamente en 6.66 unidades. En 10 años se emplean 180 unidades de insumo energético adicionales, pero la producción neta de energía crece en 60 unidades. La proporcionalidad es evidentemente invariable, y con el consumo de energía crecerá también el nivel de emisiones de CO₂ liberadas a la atmósfera.

Cuando la energía se transforma o se le da un consumo final, algo de la energía potencial contenida se pierde debido a la fricción, transferencia de calor, u otros factores. La energía que efectivamente se aprovecha es menor que la energía que se suministra en un sistema. En cualquier proceso generador de energía se paga por toda la energía liberada y suministrada en el sistema, es decir, por un proceso completo de generación. Resulta obvio que el precio de la energía efectivamente aprovechada, incorpora el costo de su producción, que a su vez incluye el de la energía que se transformó durante el proceso a otra forma de energía que no podemos aprovechar, por ejemplo, la calorífica en muchos de los casos.

La materia de la que se extrae la energía determina la tendencia en el consumo de esta. Por ejemplo, en un hogar frío, el pasar de la combustión de madera para calentar el espacio, al empleo de un calentador eléctrico, significa una reducción en la necesidad de energía, porque los calentadores eléctricos son más eficientes que las chimeneas. Es decir, en el proceso de combustión de la madera se pierde más energía que en el proceso de generación de calor con electricidad, entonces la energía netamente aprovechada, en forma de calor, es mucho menor en el caso de la chimenea.

El grado de empleo de un energético dependerá de las tecnologías disponibles. Por ejemplo, un horno moderno seguramente es más eficiente que un horno antiguo.

Emplear energéticos más eficientes, e invertir en equipos más eficientes, son formas de ahorrar energía; sin embargo, la primera opción ya ha sido explorada, y hasta ahora no se conocen nuevos energéticos. Por ello, es de suma importancia la innovación con miras a la eficiencia energética.

Definiendo un poco mejor, de acuerdo con la Primera Ley de la Termodinámica, *la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma*. Por esto, es incorrecto decir que existe “pérdida” de energía. A lo que nos referimos al mencionar “pérdida de energía” es a aquella energía cuya forma ha cambiado a otra que no puede ser utilizada para el fin deseado o un propósito específico. Por lo anterior, el coeficiente de eficiencia energética expresa una medida de efecto deseable, no de efecto total.⁷

Energía Netamente Utilizada = Energía suministrada - Pérdida de energía

$$\text{Coeficiente de Eficiencia Energética} = \frac{\text{Energía Netamente Utilizada}}{\text{Energía Suministrada}}$$

La energía se *escapa* de muchas formas. Por ejemplo, una máquina que es considerada eficiente, pasado un tiempo de actividad, produce calor; calor que calienta a la misma máquina e incluso al ambiente que le rodea. Este calor producido no es deseable, dado que no es una finalidad producir calor. Es importante comprender que la materia posee energía en alguno de sus estados, pero siempre está ahí.

En termodinámica, la eficiencia térmica es una medida de desempeño térmico, como en un motor de combustión interna, o un calentador. El *input* Q_{in} de una máquina o dispositivo es calor, o el calor contenido del combustible que se consume. El *output* deseable es trabajo mecánico, calor, o ambos.

El combustible que se suministra, *input*, tiene un costo. Entonces, la eficiencia térmica de una máquina podría expresarse en términos muy sencillos:

$$\text{Eficiencia térmica} = \frac{\text{Lo que se obtiene}}{\text{Lo que se paga}} \text{ es decir; } = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

En resumen: cuánta energía o trabajo se obtiene con respecto a la cantidad de energía que suministramos.

Si somos más estrictos, para calcular la “pérdida” de energía, y por ende la eficiencia de cada *commodity*, debemos considerar también la energía empleada para la producción o extracción del mismo. Por ejemplo, como hemos mencionado, la combustión de carbón para la producción de energía solamente tendrá como output 1/3 de la energía contenida en el carbón, lo que significa que 2/3 de la energía contenida se han transformado en una forma inútil para el propósito. Si consideramos la combustión de carbón para mover una turbina que produzca energía eléctrica, entonces sabremos que solamente 1/3 del input se ha transformado en electricidad⁸, mientras que el restante se ha transformado en calor o en alguna otra forma distinta a la que se pretendía. Pero más importante es que la extracción del carbón desde el subsuelo, también requiere de energía para hacer funcionar a las máquinas excavadoras y a los vehículos que transporten al carbón para su disposición final. Si tomamos en cuenta todo el proceso, desde la extracción, hasta la combustión del carbón, entonces en términos netos se aprovecha mucho menos del 1/3 mencionado.

⁷ el efecto deseable es la energía netamente utilizada para una finalidad específica.

⁸ O menos, pues se gasta energía en mover la turbina.

Jun Toutain, de Statistics Norway, con El Grupo de Oslo, en su Cuarta Reunión, en Ottawa, Canadá, celebrada del 2 al 6 de febrero de 2009, en su presentación *Coefficientes de eficiencia de materia energética*⁹, mostró los siguientes datos:

Medidas de efecto deseado	
Objeto	Eficiencia energética
Motor de combustión	20-30%
Motores eléctricos	30-60% los menores a 10W; 50-90% medianos, entre 10-200W; 70-99.99% mayores a 200W
Refrigeradores domésticos	Sistemas de gama baja 20%; sistemas de gama alta 40-50%
Regadera eléctrica	90-95%
Bulbo incandescente	2-10%
LED	4-10%
Lámpara compacta fluorescente	7-9%
Tetera eléctrica	> 90%
Planta generadora eléctrica de combustión de carbón	≈ 46 %
Planta de ciclo combinado	≈ 60%

Cuadro 7. Eficiencia Energética Fuente: Statistics Norway.

Fuente	Industria, minería y extracción	Transporte	Otros
Carbón	0.80	0.10	0.60
Coque	0.80	0.00	0.60
Leña	0.65	0.00	0.65
Gas	0.95	0.00	0.95
Gas licuado de petróleo	0.95	0.00	0.95
Motor de gasolina	0.20	0.20	0.20
Queroseno	0.80	0.30	0.75
Diesel	0.80	0.30	0.70
Electricidad	1.00	0.95	1.00

Cuadro 8. Coeficientes de Eficiencia Energética. Fuente: *Ibid.*

Asimismo, el Grupo de Oslo presentó una matriz con cálculos de aprovechamiento y “pérdida” de energía. Estos datos resultan de multiplicar las cifras de consumo promedio de energía de la población por el coeficiente de cada fuente. De ellos seleccionamos algunos para facilitar la exposición:

⁹El título original es *Efficiency coefficients of energy commodities*.

Suministro de energía en 2006	Total	Carbón	Coque	Leña	Electricidad	Productos del petróleo	Gas
Consumo doméstico neto	801	16	24	44	388	291	28
Industria manufacturera	287	16	24	17	175	29	25
Transporte	214	0	0	0	3	211	0
Energía empleada, Petajoules							
Consumo doméstico neto	609	13	19	28	388	124	26
Industria manufacturera	269	13	19	11	175	25	24
Transporte	62	0	0	0	3	59	0
Pérdida de energía, Petajoules							
Consumo doméstico neto	192	3	5	15	0	166	2
Industria manufacturera	19	3	5	6	0	4	1
Transporte	153	0	0	0	0	152	0

Cuadro 9. Pérdida de energía. Fuente: Statistics Norway

Algunas fuentes de energía resultan más eficientes que otras, por ejemplo, los productos derivados del petróleo transforman la energía de manera menos deseable que el gas. Si observamos la tabla, la cantidad de energía perdida varía para cada fuente, unas son más eficientes que otras; sin embargo, la electricidad reporta una eficiencia del 100%, y esto evidencia que es en esta forma de energía en la que se deben encaminar los esfuerzos en innovación, para poder alcanzar la sustentabilidad y la reducción de emisiones. El sector transportes, por ejemplo, es uno de los menos eficientes, debido a las grandes pérdidas de energía en las que incurre.

Los cambios estructurales a favor de los sectores que emplean la energía más eficientemente, influyen en la necesidad por la misma. Se requerirá menor suministro de energía si se emplea de manera más eficiente.

Existe una relación entre nivel de ingreso y consumo de energía. Distingamos la energía endosomática de la exosomática: La energía endosomática es la necesaria para el metabolismo para los humanos. La energía exosomática es la que proporciona iluminación, calefacción, refrigeración, suministro de agua, transporte, industria y demás. La elasticidad-ingreso del consumo de energía es la relación entre el aumento porcentual del consumo de energía y el aumento porcentual del ingreso. La elasticidad-ingreso del consumo exosomático de energía es mayor que cero, y en algunas sociedades y momentos históricos, es mayor que la unidad. En cambio, la elasticidad-ingreso del consumo endosomático de energía es muy baja y pronto se tornará cero (Martínez, 2001).

Sin embargo, por ejemplo, en la cocina, una familia pobre utilizará carbón o leña, con una muy baja eficiencia energética, mientras que una familia rica utilizará gas, con una mucho mayor eficiencia. Entonces, a un nivel de ingreso mayor, el consumo de exosomático energía ha disminuido. Esto ocurre porque las energías más eficientes resultan ser las más costosas y por o tanto no todos tienen acceso a ellas.

Los Residuos Sólidos Urbanos y Alternativas.

Los contaminantes pueden o no tener poblaciones degradantes que los contrarresten. En ocasiones la polución crece a un nivel más rápido que la capacidad degradante del ecosistema (Aguilera, 2011) y la mayoría de los desechos generados se acumulan dado que no existe algún agente natural capaz de degradarlos, o al menos no en el corto plazo. La generación de residuos idealmente debería ser menor a la capacidad de asimilación del medio ambiente, y dada la imposibilidad de cumplir con esta premisa en materia de residuos inorgánicos, se debe pensar en su reducción y eliminación al menor costo ambiental.

Las principales actividades responsables de la generación de GEI a nivel global son la quema de combustibles fósiles, con 73%; las actividades agrícolas y sus insumos, con 13%; procesos industriales, con 6%; el cambio de uso de suelo y la degradación de ecosistemas forestales, con 5%, y los residuos sólidos, con 3%. El 43% de la quema de combustibles fósiles tiene como primera finalidad la obtención de energía, que a su vez es utilizada para generar energía eléctrica. 18% de la quema se realiza para el transporte. La quema de combustibles fósiles representó el 73% de las emisiones de GEI a nivel global en 2011 (Molina, 2017).

Asimismo, los residuos sólidos suponen un grave problema de contaminación. Su inadecuada disposición representa la tercera fuente más importante de generación de metano. Proviene principalmente de rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto. Esta es un área en la que se necesitan mejoras, y en la que los gobiernos locales son los actores principales, si no es que los únicos.

En las ciudades se generan grandes volúmenes de residuos que tardan mucho tiempo en ser degradados, convirtiéndose en un problema ambiental. Tan sólo en el último año, la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en los países de América Latina y el Caribe, alcanzó un volumen de casi 540,000 toneladas diarias, y la expectativa es que para 2050, la basura producida en la región, llegue a las 671,000 toneladas diarias. En la región existe un índice de cobertura de la recolección, que supera el 90% en promedio, sin embargo, 145,000 toneladas de RSU (cerca de 30% del total) son destinadas a lugares inadecuados. Datos presentados por ONU Ambiente muestran que cerca de 170 millones de personas todavía están expuestas a los graves impactos que causa la mala gestión de desechos al medio ambiente (suelo, aire y agua) y a la salud humana (ONU Medio Ambiente, 2017).

La Ciudad de México es la segunda ciudad con mayor generación de RSU en el mundo, sólo después de Nueva York (Misra, 2015). Generó 12,920 toneladas diarias en el año 2016, entre .86 y 2.44 kilogramos por habitante (SEDEMA, 2016a). De estos residuos, 8,600 toneladas son llevadas a un relleno sanitario, y sólo son aprovechadas 4,100 toneladas a través de diferentes procesos: 1,900 toneladas para reciclaje, 1,400 para composta, y 800 para combustible alterno (CDMX, 2017).

Este es uno de los más grandes desafíos para la Ciudad de México, por lo que debe asegurarse de que la disposición final de residuos se dé de manera ordenada, de tal modo que los residuos con valor puedan aprovecharse al máximo. Los que sean reutilizables y reciclables deben ser separados de los que no lo son para su aprovechamiento. Asimismo, los residuos orgánicos, que son potencialmente útiles, deben ser aprovechados en

compostas, o mediante las nuevas tecnologías que permitan el aprovechamiento del gas metano, producido por los mismos, para la generación de energía.

Alternativas.

En la actualidad existen diversas alternativas para esta problemática, por ejemplo, mediante procesos de biodigestión anaerobia se puede generar, en última instancia, energía eléctrica. Esto significa que los residuos pueden ser *valorizados*, es decir, podemos extraer valor de ellos, en forma de energía. Los proyectos que transforman residuos sólidos en energía, son llamados *Waste to Energy Projects* en el ámbito internacional. Pueden ser procesos de biodigestión o de termovalorización. La disposición final de los RSU en países en vías de desarrollo ha sido a través de rellenos sanitarios, que es la forma menos eficiente de disposición. La alternativa que requiera cada ciudad en específico dependerá principalmente de la cantidad de espacio disponible y del ritmo de generación de residuos. A medida que una ciudad se desarrolla, el espacio disponible se reduce, y el ritmo de generación de residuos naturalmente será cada vez mayor en las condiciones actuales.

El Consejo Mundial de Energía (WEC, por sus siglas en inglés) publicó un documento en 2016 titulado *Waste to Energy*, resultado de una investigación. En él enuncia sus principales hallazgos. Entre ellos menciona que el tratamiento de residuos con diversas tecnologías de *Waste-to-Energy (WtE)* es una opción viable para su disposición y para la generación de energía en los municipios. Existen muchos factores que pueden influenciar la decisión para cada tecnología en las ciudades y en los municipios, por lo que cada uno debe evaluar su condición específica.

Otros hallazgos destacables del documento *Waste to Energy*, fueron:

- El mercado global de WtE estaba valuado en 2013 en \$25 mil 320 millones de dólares, y representó un incremento del 5.5% respecto al año anterior. Las tecnologías WtE basadas en la conversión de energía térmica representaron el 88.2% del ingreso total del mercado para 2013.
- Se espera que este mercado mantenga un crecimiento sostenido hacia 2023, con una tasa de crecimiento promedio anual de 5.5%, a partir de 2016.
- Europa es el más grande y sofisticado mercado para la tecnología WtE, pues representa el 47.6% del mercado global. El mercado Asia-Pacífico es dominado por Japón, quien emplea el 60% de sus RSU para valorización. Sin embargo, China es el país con mayor crecimiento en este sentido, pues en el periodo 2011-2015 ha más que duplicado su capacidad WtE. Desde una perspectiva regional, esta región registra el mayor ritmo de crecimiento en este mismo periodo, con una tasa de crecimiento promedio anual de 7.5%, que ha sido conducida por iniciativas en materia de disposición de residuos en China e India, y por el surgimiento de tecnologías en Japón. Asimismo, se espera que las tecnologías WtE biológicas experimenten el crecimiento mayor, con una tasa promedio de 9.7% anual, gracias al desarrollo de las más recientes tecnologías como la digestión anaerobia y su penetración en el mercado, volviéndola cada vez más viable.
- Se estima que la generación de residuos a nivel global se duplique para el año 2050, a 6 millones de toneladas diarias.

Para dar solución al problema de los residuos se deben priorizar las acciones de prevención en la generación de los mismos, además de buscar su minimización, reutilización, y reciclaje. Cuando lo anterior no sea posible, entonces se debe buscar la valorización del residuo, extrayendo energía de él, y cuando esto tampoco pueda conseguirse, la disposición final debe ser muy cuidadosa. Siempre habrá una fracción de residuos que no pueda ser reutilizada. El objetivo debe ser evitar que la disposición final se haga en un relleno sanitario. Los residuos podrán en la mayoría de los casos, ser transformados en energía.

Para transformar los residuos en energía, se pueden emplear tecnologías *Waste-to-Energy* WtE, que pueden ser de tres tipos: termoquímicas, bioquímicas y químicas.

El proceso termoquímico puede darse de tres maneras: incineración, gasificación térmica, y pirólisis.

El proceso bioquímico puede darse mediante la fermentación, mediante biodigestión anaerobia, mediante rellenos con capturas de gas, o mediante un proceso catalizador empleando microbios.

El proceso químico, a su vez, se da mediante la esterificación, en donde ácidos y alcohol reaccionan para crear un éster.

De acuerdo con el documento *Waste to Energy*, en el mundo, la solución más común para el problema de los residuos es el empleo de rellenos sanitarios, a pesar de ser la menos eficiente, como muestra el siguiente gráfico:

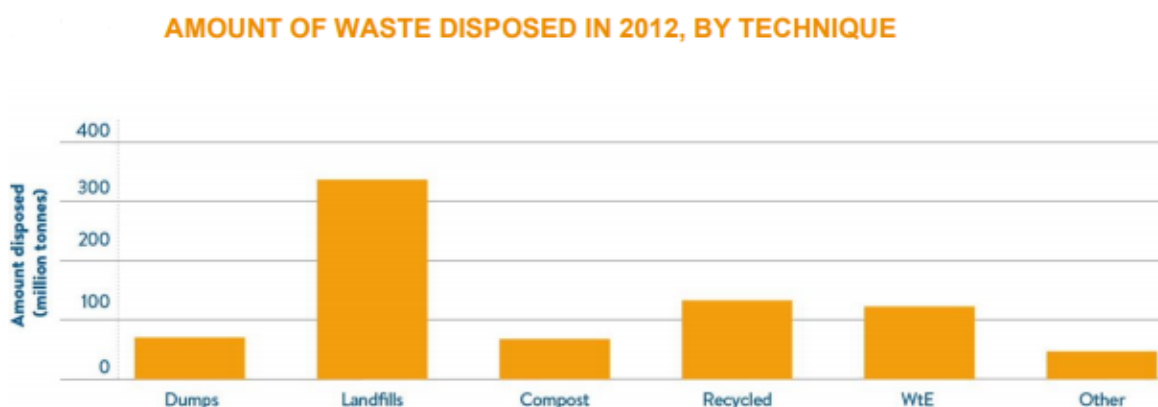


Gráfico 3. Tomado de *Waste to Energy*, WEC, 2016.

Esto es por el alto costo que tienen estos proyectos. De acuerdo con el mismo documento, de las 122 millones de toneladas de residuos que se aprovechan mediante incineración WtE, que es la tecnología más desarrollada para la recuperación de energía de los residuos, alrededor del 99% es tratado en países de altos ingresos.

El potencial para la implementación de esta tecnología depende totalmente de condiciones políticas, económicas, y sociales, específicas del lugar en que se desarrolle.

El generar estas condiciones para reducir los riesgos del proyecto y así darle viabilidad, recae en los acuerdos que el gobierno local pueda hacer con el desarrollador privado (Por su alto costo y el grado de complejidad técnica que supone, este tipo de proyectos son desarrollados por la IP). Asimismo, es necesario que exista eficiencia en los procesos de gestión de residuos por parte de la Ciudad, de modo que se genere la información suficiente para medir el alcance del desarrollo.

Veamos cuál es el estado que en este sentido en específico guarda la Ciudad de México:

De acuerdo con el Inventario de Residuos Sólidos 2016, publicado por la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México, durante ese año, los habitantes y la población flotante que diariamente ingresó a la Ciudad de México, generaron 12,920 toneladas diarias de RSU. La generación diaria per cápita en las delegaciones se encontró entre los .86 y 2.44 kilogramos.

Se contó con 8,382 barrenderos para el barrido manual, con 8,111 carritos para basura, con 67 barredoras para el barrido mecánico, con 75 operadores, en un total de 6,985 rutas.

22 barredoras corresponden a los modelos 2001-2005, 14 a los modelos 2006-2009, y 31 a modelos anteriores al año 2000. 43 se encuentran en condiciones regulares de operación, 21 en malas condiciones, y 3 en buen estado.

El esquema de recolección en la ciudad es selectivo. Se cuenta con la norma NADF-024-AMBT-2013 que establece que la recolección deberá realizarse de manera selectiva, ya sea en días alternados, o mediante vehículos recolectores con compartimientos.

En 2016 se contó con 2,652 vehículos recolectores. De estos, sólo 14.7% son de doble compartimiento. 6% del total de los vehículos recolectores son de los modelos 1970-1980; 18% de 1981-1991; 38% de 1992-2002; 27% de 2003-2013; y tan sólo el 11% de 2014-2016.

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de eficiencia en la recolección selectiva delegacional, es decir, cuál fue el porcentaje de éxito en la separación entre residuos orgánicos e inorgánicos:

Delegación	%	Delegación	%
Álvaro Obregón	31	Iztapalapa	19
Azcapotzalco	30	La Magdalena Contreras	66
Benito Juárez	26	Miguel Hidalgo	22
Coyoacán	54	Milpa Alta	75
Cuajimalpa de Morelos	9	Tláhuac	56
Cuauhtémoc	25	Tlalpan	73
Gustavo A. Madero	34	Venustiano Carranza	43
Iztacalco	23	Xochimilco	32

Cuadro 10. Eficiencia en recolección selectiva. Elaboración propia con datos del Inventario de Residuos Sólidos de la CDMX, 2016.

Asimismo, la Ciudad de México cuenta con 12 estaciones de transferencia, 2 plantas de selección, 2 plantas compactadoras, 8 plantas de composta, y 5 sitios de disposición final.

De acuerdo con el documento, las estaciones de transferencia son instalaciones intermedias entre las fuentes generadoras de residuos sólidos (casas, negocios, industrias, etc) y los distintos destinos, como las plantas de selección, composta, y sitios de disposición final. Aquí se transfieren los residuos de los vehículos recolectores a los vehículos de carga de gran tonelaje para reducir el número de recorridos necesarios para llevar los residuos a sitios de disposición final.

Del total de los residuos sólidos recolectados, el 67% termina en sitios de disposición final, mientras que solamente el 18% pasa por una planta de selección y el 15% es enviado a las plantas de composta.

Las plantas de selección son espacios donde se realiza la separación y clasificación de materiales que aún conservan sus características físicas y químicas, para ser valorizados o incorporados nuevamente a cadenas productivas. El residuo que no presente estas características, es enviado a los sitios de disposición final.

Las plantas de selección reciben residuos provenientes de las estaciones de transferencia. En 2016, las plantas recibieron 4,075 toneladas diarias. 165 toneladas diarias fueron recuperadas (cartón, papel, PET), los residuos no valorizables fueron enviados a disposición final. 785 toneladas diarias fueron enviadas a plantas de compactación. Una de estas plantas, según explica el documento, contribuirá al aprovechamiento de 6,600 toneladas de residuos generadas diariamente en la Ciudad de México.

En el año 2016, 484,872 toneladas de residuos orgánicos ingresaron a las plantas de composta de la Ciudad. El proceso consiste en el triturado mediante astilladoras y/o biotrituradores para formar pilas, en donde a través de un proceso aerobio, en condiciones específicas, se realiza la degradación de la parte orgánica por microorganismos, formando la composta. Con esa cantidad de residuos orgánicos, se alcanzó la producción de 92,391 toneladas de composta.

El documento muestra el siguiente cuadro, en donde se observa la producción de cada planta de composta durante el año:

2016	Toneladas/año			
Planta de composta	Capacidad instalada	Capacidad ingresada de residuos orgánicos	Composta producida	Composta entregada
Bordo Poniente	912,500.0	462,304.0	88,762.0	6,992.0
Álvaro Obregón	1,294.0	1,684.0	776.0	598.8
Cuajimalpa	1,500.0	4,354.0	795.0	511.0
Iztapalapa	1,440.0	1,220.0	189.0	42.6
Milpa Alta	1,600.0	1,600.0	481.0	186.5
Xochimilco	1,867.0	13,244.0	787.0	516.7
San Juan de Aragón	2,074.0	466.0	601.0	143.4

Cuadro 11. Producción por planta de composta. Elaboración propia, fuente: *Ibid.*

Finalmente, los residuos que por sus características no pudieron ser reincorporados a procesos productivos, son enviados a Rellenos Sanitarios. Desde la clausura definitiva de la IV etapa del relleno Bordo Poniente, la Ciudad de México no cuenta con un espacio donde disponer sus residuos, por ello, ha recurrido a acuerdos con otras entidades, utilizando cuatro rellenos del Estado de México (El Milagro, La Cañada, Bicentenario y Chicoloapan) y uno de Morelos (La Perseverancia) (Suárez *et.al*, 2017).

En 2016, 8,712 toneladas fueron enviadas diariamente a rellenos; 5,578 provenientes de estaciones de transferencia, 3,125 de plantas de selección, y 9 eran residuos de manejo especial. Se produjeron 12,920 toneladas de RSU cada día, 8,712 se enviaron a rellenos sanitarios. Esto significa que 67.4% de los residuos no pudieron ser aprovechados. A pesar de las tecnologías empleadas en los rellenos, esta práctica es antigua y poco responsable con el medio ambiente. En muchas ocasiones los residuos filtran lixiviados, y estos, potencialmente tóxicos, contaminan el subsuelo y el manto freático, contaminando kilómetros a la redonda y millones de metros cúbicos de agua. Además, en estos lugares es común la proliferación de fauna nociva.

Como vemos, la información proporcionada por el Inventario de Residuos Sólidos 2016, revela que en la Ciudad de México existen diversos procesos que tienen por objeto el maximizar el aprovechamiento de los residuos, para a su vez, minimizar el impacto ambiental que estos generan. Sin embargo, también revela que se tiene una capacidad muy limitada para lograr este fin, pues, como hemos mencionado, más de la mitad de los residuos terminan en rellenos sanitarios, que es quizás la práctica menos eficiente en términos de impacto ambiental.

Si consideramos los residuos como fuente de energía, es importante tomar en cuenta la composición de los diferentes tipos de residuos de que dispongamos. La siguiente tabla muestra una correcta y generalizada clasificación de residuos:

Fuente/Tipo		Composición
Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	Residencial	Residuos de alimentos, papel, plástico, textiles, pieles, desechos de jardín, madera, vidrio, metales, cenizas, desechos voluminosos, electrónicos, llantas, baterías, desechos peligrosos.
	Industrial	Residuos de procesos, empaques, alimentos, madera, metales, concreto, residuos peligrosos, cenizas.
	Comercial e Institucional	Papel, plástico, madera, alimentos, metales, vidrio, desechos especiales, desechos peligrosos.
	De Construcción/Demolición	Madera, concreto, metales, vidrio, plástico,
	Servicios Locales	Residuos de barrido, residuos de áreas verdes, lodos, desechos de áreas recreativas.
Residuos de procesos		Chatarra, productos sin especificación, escoria, rocas, agua procesada, desechos químicos.
Residuos médicos		Desechos infecciosos (bandas, guantes, jeringas, etc), desechos peligrosos, desechos radioactivos, residuos farmacéuticos.
Residuos agrícolas		Alimentos, cáscaras, pesticidas, excremento, agua contaminada, maquinaria, medicamentos veterinarios.

Fuente: World Energy Council, World Energy Resources: Waste to energy 2016. p.6.

Cuadro 12. Clasificación de RSU. Fuente WEC.

Es clave la selección de residuos, puesto que cada uno tiene un valor calorífico o contenido energético distinto, y esto determina cuánta energía se podrá generar a partir de él. En la siguiente tabla, también extraída del documento World Energy Resources, Waste to Energy 2016, se muestra el valor neto calorífico aproximado para fracciones comunes de RSU:

Fracción	Valor calorífico neto (MJ/kg)
Papel	16
Materia orgánica	4
Plástico	35
Vidrio	0
Metal	0
Textiles	19
Otros	11

Cuadro 13. Valor calorífico de los principales RSU. Fuente: *Ibid.*

En este documento se plantea que la incineración WtE solamente debe ser considerada si los residuos empleados tienen un valor calorífico neto de al menos 7 MJ/kg. Además, para que una planta opere de manera óptima, se requeriría que procesara al menos 100,000 toneladas de residuos anualmente.

El Gobierno de la Ciudad de México emitió la norma NADF-024-AMBT-2013 que establece los criterios y especificaciones técnicas bajo las cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de residuos de la Ciudad de México, para que se sujete “a lineamientos técnicos que garanticen una adecuada separación primaria, primaria avanzada y secundaria de los materiales, de tal forma que puedan ser valorizados para su reincorporación nuevamente a procesos de producción, reduciendo la cantidad que llega a sitios de disposición final” (GODF, 2015).

Considerando el estado actual en manejo de residuos en la Ciudad de México, podemos decir que cuenta con las condiciones necesarias para poder operar una planta WtE. Los residuos son separados y la eficiencia en la separación mejorará gradualmente gracias a la norma emitida, existe un plan integral de recolección y selección, y el tipo de residuos generados en la ciudad le dan viabilidad al proceso. El problema se ubica principalmente en la disposición final. Asimismo, de 2012 a 2015, la generación de RSU mostró una tasa de crecimiento anual de 0.60%. Si consideramos esta tasa como constante, para 2025, la generación sería de 13,688 toneladas diarias, y para 2040, de casi 15 mil.¹⁰

La reforma energética que se ha dado en México ha permitido que el mercado eléctrico esté abierto a múltiples participantes y es el elemento principal que da sustento a este desarrollo. Si se alinean los intereses medioambientales con el marco jurídico nacional y local, es muy probable que las condiciones necesarias puedan ser alcanzadas.

Considerando las condiciones que guarda la Ciudad de México en materia de RSU, resulta evidente que una gran solución al problema de disposición final de los mismos es la construcción y operación de una planta valorizadora de residuos sólidos, o como también es llamada, *Planta Termovalorizadora, o Planta de Termovalorización*. Esta planta de aprovechamiento produciría energía a través de un proceso directo de combustión controlada, en donde se genera calor para producir vapor de agua, que hará girar una turbina. Este método de generación de energía tiene un nivel de eficiencia de entre 15 a 27%; las plantas más modernas alcanzan el último valor (WEC, 2016). La eficiencia en la generación eléctrica mediante la combustión siempre resulta mayor que en el proceso de biodigestión, que como hemos mencionado, representa otra alternativa limpia. En 2016 se dio a conocer una propuesta de proyecto WtE que sería una buena opción para la Ciudad de México, que consiste en la construcción y operación de una planta, con la que la Ciudad podría valorizar 4,500 toneladas diarias de RSU, reduciendo la cantidad que se deposita en rellenos sanitarios. De este modo se daría solución a dos necesidades relevantes para la Ciudad: por una parte, se eliminarían los RSU que puedan ser valorizados, disminuyendo el daño ambiental que ocasionan los rellenos sanitarios, y por el otro, se produciría energía que sería suficiente para abastecer al Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad

¹⁰ De acuerdo con la Agencia de Gestión Urbana de la Ciudad de México.

de México.¹¹ Esta planta se localizaría en Bordo Poniente, etapa IV, ubicado en la zona del ex lago de Texcoco.

El proceso implicado en el proyecto se divide en cuatro etapas: recepción, termovalorización de residuos, generación eléctrica, y tratamiento de gases, como dio a conocer el Gobierno de la Ciudad de México en su momento.

El proceso comienza con la recepción de hasta 4500 toneladas diarias de RSU que serán transportadas por camiones de gran tonelaje (alrededor de 25 toneladas por camión). Los residuos son depositados en una fosa de recepción, que tendrá capacidad de al menos 9000 toneladas, para mantener siempre un stock y no interrumpir la continuidad del proceso termovalorizador.

Después, unas garras mecánicas recogerán los residuos de la fosa de recepción, depositándolos en unas bandas que los llevarán a los hornos de combustión. Esta ocurrirá a más de 800°C, evaporizando agua a más de 400°C, que circula a gran presión y velocidad por las paredes del horno, hasta llegar a una caldera, compuesta por tubos que convergen en un domo superior. Durante la combustión, varios procesos complejos ocurren simultáneamente. Primero, el calor en la cámara de combustión/horno, evapora la humedad contenida en los residuos y volatiliza el componente sólido de estos. Los gases que resultan de este proceso aceleran la combustión. El domo es un cilindro con características específicas para que en él se evapore el agua, generando alta presión con contenido energético.

Para el arranque de los trenes termovalorizadores se utiliza un combustible alternativo, puede ser gas metano o gas licuado de petróleo. Cuando se alcanza la temperatura de combustión, este combustible alternativo deja de ser necesario.

El vapor se transporta hasta una turbina de vapor, a la que hace girar a altas revoluciones, energizando un generador con capacidad de 130 mw. Después este vapor se condensa y reinicia el ciclo del agua. El aprovechamiento del calor mediante la generación de vapor de agua recalentado, tiene rendimientos térmicos de alrededor del 80%.

Al final del proceso se obtienen gases, compuestos principalmente por CO₂, H₂O, O₂ y N₂ y partículas. También se obtienen escorias y cenizas.

Finalmente, estos gases son tratados. Para esto hay dos etapas; la primera es un depurado en seco que convierte los ácidos del gas de combustión en una sal inerte que después será dispuesta de manera responsable. En la segunda etapa los gases fluyen a través de filtros que retienen partículas suspendidas. El aire depurado es liberado al exterior a través de una chimenea. La calidad de este aire satisface la normatividad ambiental vigente.

La energía eléctrica generada se estima en 965,000 MWh al año, que es la misma cantidad que consume el STC Metro, según se declara en el citado contrato de prestación de servicios.

¹¹ De acuerdo con información dada a conocer por el Gobierno de la Ciudad de México.

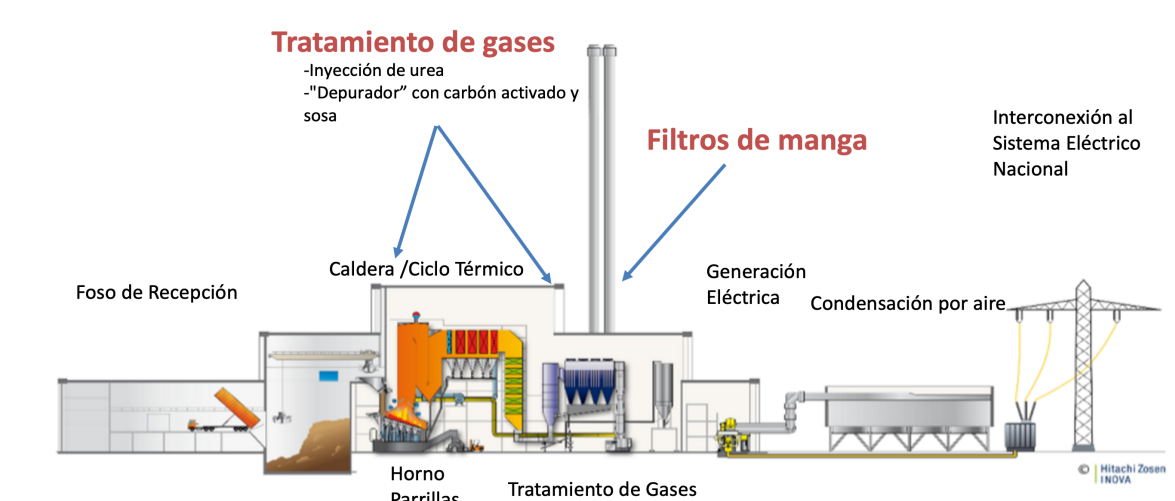


Figura 1. Diagrama de Planta WtE. Fuente: Hitachi Zosen Inova; <http://www.hz-inova.com>

Es importante mencionar que los residuos inorgánicos producen cenizas que ralentizan el proceso generador de energía, por lo que es fundamental, para eficientar el proceso, que la calidad de los RSU que ingresarán a la planta, se establezca desde el inicio, para así poder garantizar un abasto de energía constante o estable. Asimismo, las cenizas generadas en el proceso deben recibir un tratamiento especial, o ser utilizadas en otros procesos, por ejemplo, para la construcción o pavimentación de calles y avenidas.

Esta tecnología, de acuerdo con el Análisis Costo Beneficio del proyecto (ACB), en comparación con otras alternativas WtE, maximiza la conversión de RSU en CO y H₂O, aprovecha las escorias residuales al final del proceso, pues son útiles para pavimentación, es menos costosa en comparación con otras tecnologías, y es un método mundialmente utilizado, de eficacia probada.

A ojos vistas, las soluciones que brindaría este proyecto son integrales y recomendables. Además, ayudan a la consecución de las metas establecidas en el Acuerdo de París, en donde México ratificó su permanencia en septiembre de 2016¹², y de las establecidas en *C40 Cities*, en donde la Ciudad de México es miembro del comité directivo.

En materia de mejora ambiental y desarrollo sustentable, el proyecto de la planta termovalorizadora encaja perfectamente. Es claro que existe un beneficio ambiental en cada tonelada de CO₂ equivalente que se deja de generar debido al tratamiento de los residuos que la originan. Por ejemplo, en la CDMX, la Comisión Federal de Electricidad tiene 6 centrales generadoras de energía¹³, todas ellas de turbogás. La forma en que estas plantas funcionan, tiene tres etapas, y es semejante a la planta WtE: la primera consiste en la quema de combustible fósil, como carbón o gas, transformando agua en vapor. En la segunda etapa, este vapor acciona una turbina. En la tercera etapa, este vapor se condensa

¹² Acuerdo disponible en https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en#EndDec

¹³ De acuerdo con el listado de la CFE anexo.

y regresa a su ciclo, y la energía generada se transfiere a un circuito. Al consumir energía fósil, generan CO₂ como se muestra a continuación:

CENTRAL GENERADORA	CO ₂ (t)	CAPACIDAD INSTALADA (MW)
CTG ARAGÓN	86,653	32,000
CTG IZTAPALAPA	88,686	32,000
CTG MAGDALENA	87,644	32,000
CTG SANTA CRUZ	66,045	32,000
CTJ NONOALCO	774	106,000

Cuadro 14. Emisiones de CO₂ de las centrales generadoras de energía de la CFE en la Ciudad de México. Fuente: oficio UT/SAIP/1589/17 Solicitud de transparencia, y listado de CFE anexos.

En contraste, desde el inicio notamos que el proyecto WtE genera eficiencias en varios sentidos: elimina RSU, genera energía eléctrica, y no produce cantidades significativas de CO₂.

Una vez que esto ha quedado bien definido, se procede con el análisis financiero, que trata de cómo dar viabilidad al proyecto en este sentido.

En primer lugar, el Gobierno de la Ciudad de México (GCDMX) ha identificado a sus 3 mayores consumidores de electricidad, en promedio: Sistema de Transporte Colectivo, 965,750,364.67 KWh/año; Sistema de Aguas de la CDMX: 643,500,000 KWh/año; Alumbrado Público: 538,500,000 KWh/año (de acuerdo con el ERS del proyecto).

Considerando que la planta será capaz de generar 965,000 MWh al año¹⁴, cualquiera de estos tres entes es un consumidor potencial. Dado que el consumo del STC es el más acercado al nivel de producción de la planta, resulta más eficiente que sea este el único consumidor, pues el abastecer a cualquiera de los otros dos entes implica que sobraría energía, y el suministrarla a terceros elevaría los costos.

El costo del consumo de energía eléctrica para este organismo es el siguiente:

AÑO	GASTO EN ENERGÍA ELÉCTRICA (MILLONES DE PESOS)
2011	\$ 1,394
2012	\$ 1,531
2013	\$ 1,608
2014	\$ 1,585
2015	\$ 1,447
2016	\$ 1,490

Cuadro 15. Gasto en energía eléctrica por el STC Metro. Fuente: Cuenta Pública de la Ciudad de México.

¹⁴ 1 MWh = 1000 KWh

En promedio, anualmente, durante este periodo, el STC Metro gastó \$1, 509, 212,906.33 en suministro de energía eléctrica. Si esta cantidad se destinara a cubrir parte de la contraprestación que genera el proyecto, es claro que existiría un beneficio para la Ciudad: aunque el STC siguiera gastando lo mismo en energía eléctrica, se eliminarían 4500 toneladas de RSU al día, de forma adecuada.

La inversión requerida para ejecutar el proyecto, sería cubierta en su totalidad con recursos del GCDMX, a través del presupuesto de Disposición de Residuos Sólidos, a cargo de la Secretaría de Obras y Servicios y del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

En este caso, como hemos mencionado, se recurrió a la modalidad de proyecto de prestación de servicios. No obstante, existen factores de riesgo para la construcción de la planta. Los siguientes se enlistan en su ACB:

- Costos de capital y costos de materiales. Considera que el prestador de servicios no tenga la solvencia económica para contraer las obligaciones contractuales adquiridas con el gobierno.
- Requerimientos de construcción, licencias y permisos. La prevención de gestiones para la liberación de infraestructura; autorizaciones de las instancias correspondientes conforme a la normatividad aplicable.
- Disponibilidad y condiciones de los sitios de prestación de servicios. Problemática político-social.
- Fluctuaciones relevantes en el tipo de cambio.
- Riesgos de composición de los RSU en la fuente generadora. Variaciones en la composición de los RSU que impliquen que el poder calórico de estos sea inferior al estimado.
- Recepción de RSU. Que el prestador de servicios no reciba la cantidad estipulada, o la necesaria para generar la energía requerida.
- Riesgo de crédito.
- Riesgo económico.
- Eventos no asegurados.

Esto es por mencionar sólo algunos de los múltiples riesgos que conlleva el proyecto. Lo importante es saber qué riesgos se pueden transferir del gobierno al privado, en este caso, por tratarse de una asociación público-privada.

Como se ha mencionado, el gobierno es responsable de la provisión de bienes y servicios para la población. La demanda de estos es siempre es creciente, pero los recursos para satisfacerla son limitados. El gobierno cuenta con diversas herramientas para lograr su eficiencia, es decir, lograr lo mayor posible con recursos limitados, y una de ellas es la asociación público-privada (APP), pues existen productos o servicios que el sector privado puede proveer de mejor manera en una economía, así que se pueden juntar las partes más eficientes de cada sector y generar sinergias.

La provisión de infraestructura y de servicios públicos originalmente era en su totalidad pública o privada. En el primer caso, el sector público es el encargado de diseñar, construir,

operar y mantener la infraestructura, y de proveer los servicios al público. Aunque el gobierno pudiera contratar a alguna empresa privada para realizar estas funciones, era este quien asumía todo el riesgo y financiamiento (CEFP, 2016). En la segunda forma, una o varias empresas son las responsables y asumen todo el riesgo.

Dentro del esquema tradicional de provisión de bienes y servicios existen muchas problemáticas, como la provisión deficiente de estos, altos costos, mantenimiento deficiente, o más común, escasez de recursos, que provoca presión a las finanzas públicas y endeudamiento.

Por ello, cuando un gobierno busca la eficiencia, recurre a las APP, que consisten en acuerdos contractuales de largo plazo entre el gobierno y alguno o algunos agentes del sector privado, para que estos provean un bien o servicio que originalmente proveería el gobierno. De este modo se reconocen las eficiencias de cada sector. Esto incluso está estipulado en la Ley de Asociaciones Público Privadas, de carácter federal; en su artículo 13° señala, en su fracción primera, que para realizar proyectos de asociación público-privada, se requiere la celebración de un contrato de largo plazo, en el que se establezcan los derechos y obligaciones del ente público contratante, por un lado y los del o los desarrolladores que presten los servicios y, en su caso, ejecuten la obra, por el otro.

Asimismo, de acuerdo con el artículo 14°, fracción IX, de la citada ley, para las dependencias y entidades federales, si se opta por incluir a un privado para el desarrollo, es una obligación el realizar un ACB en donde se compare el costo que tendría el proyecto si fuera desarrollado por el gobierno, y el costo si fuera desarrollado por el privado, o en asociación. Esto con la finalidad de determinar la viabilidad del proyecto.

Todo proyecto de inversión federal en nuestro país, está sujeto (entre otras) a la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, particularmente a su artículo 34°, que dicta el procedimiento que las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deberán observar para efecto de la programación de recursos destinados a programas y proyectos de inversión. En su fracción segunda, establece que las dependencias y entidades federales, deberán presentar a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la evaluación costo-beneficio de los proyectos de inversión que tengan a su cargo. En esta evaluación se debe mostrar que los proyectos son susceptibles de generar un beneficio social neto, bajo supuestos razonables.

En el caso de las Entidades Federativas, la Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y los Municipios, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de abril de 2016, es la que rige en este mismo sentido, como vemos en la siguiente cita:

Artículo 11.- Las Entidades Federativas deberán considerar en sus correspondientes Presupuestos de Egresos, las previsiones de gasto necesarias para hacer frente a los compromisos de pago que se deriven de los contratos de Asociación Público-Privada celebrados o por celebrarse durante el siguiente ejercicio fiscal.

Para el caso de Asociaciones Público-Privadas con recursos federales, se observará lo dispuesto en el artículo 4, fracción IV de la Ley de Asociaciones Público Privadas.

Artículo 13.- Una vez aprobado el Presupuesto de Egresos, para el ejercicio del gasto, las Entidades Federativas deberán observar las disposiciones siguientes:

[...]

III. Con anterioridad al ejercicio o contratación de cualquier programa o proyecto de inversión cuyo monto rebase el equivalente a 10 millones de Unidades de Inversión, deberá realizarse un análisis costo y beneficio, en donde se muestre que dichos programas y proyectos son susceptibles de generar, en cada caso, un beneficio social neto bajo supuestos razonables...

[...]

Tratándose de proyectos de Inversión pública productiva que se pretendan contratar bajo un esquema de Asociación Público-Privada, las Entidades Federativas y sus Entes Públicos deberán acreditar, por lo menos, un análisis de conveniencia para llevar a cabo el proyecto a través de dicho esquema, en comparación con un mecanismo de obra pública tradicional y análisis de transferencia de riesgos al sector privado.

Con esta legislación, la Ciudad de México está obligada a desarrollar un ACB para este proyecto, dada su envergadura y relevancia financiera.

Dentro del ACB se comparan los riesgos del proyecto imputables a cada una de las partes. Por ejemplo, riesgo de tasas de interés, riesgo de crédito, riesgo político, riesgos legales, obra inducida, etcétera. Los riesgos se asignan a cada una de las partes, y el gobierno transfiere cuantos riesgos sea posible al privado. Es así como se genera la eficiencia que permite que un proyecto se desarrolle bajo un esquema APP. En este documento se encuentra un valor presente neto para el proyecto, que representa un valor por dinero. Si es positivo entonces el gobierno se beneficia en esa medida por desarrollarlo mediante APP; es una diferencia positiva que obtiene si se asocia con el privado.

Los gobiernos locales en cada entidad federativa deben procurar encontrar soluciones integrales para sus distintas necesidades. Si se piensa en proyectos integrales, se crean sinergias que generan economías de escala, es decir, donde los costos marginales resultan decrecientes.

La recuperación de energía a partir de los RSU ofrece dos soluciones en una: el tratamiento de grandes cantidades de residuos no reciclables y no reutilizables, y la generación de una cantidad significativa de energía, que se puede aprovechar para distintas finalidades.

Si esta interacción entre residuos y energía se produce de manera eficiente, se estaría dando solución a dos problemáticas en conjunto, mismas que son de la mayor relevancia para el bienestar y el desarrollo en la urbe.

Las alternativas para aprovechar esta sinergia son por demás variadas. Existe una solución para cada necesidad, y para cada capacidad. Sabemos que esta clase de proyectos resultan altamente redituables, principalmente en términos de beneficio social. Son una forma muy concreta de internalización de externalidades y de mitigación. Sin embargo, resultan altamente costosos, y en la mayoría de los casos los gobiernos no cuentan con la capacidad

financiera para solventarlos con recursos fiscales, pues esto implicaría la reducción en el gasto e inversión en otros rubros. La máxima en la administración pública es la optimización, hacer lo mayor posible con la menor cantidad de recursos, pues estos, (a riesgo de obviar) son escasos.

Los proyectos pequeños generalmente son financiados con recursos fiscales, por lo que no representan desafío mayor, pero si pensamos en proyectos de alto impacto, el caso se vuelve más complejo. Por ejemplo, en el año 2016, la Secretaría de Medio Ambiente local (SEDEMA CDMX) invirtió \$587, 950.58 en monitoreo atmosférico y calidad del aire, de un presupuesto de \$1,586.822.00 que tenía aprobado para este rubro.¹⁵ Cosa menor.

Pero proyectos grandes, con valores de miles de millones de pesos, como esta planta de aprovechamiento de residuos, requieren de distintos mecanismos para ser financiados. Por ello, es fundamental generar estrategias de financiamiento para cada uno de estos proyectos. La complejidad del financiamiento de cada uno dependerá de su envergadura, de su dimensión.

Debemos entender que cada proyecto eficiente será útil en mayor o en menor medida. No importa que sean proyectos de corto alcance si son, desde el punto de vista económico o social, según sea el caso, eficientes. Recordemos que existe todo un desarrollo metodológico para determinar si lo son o no. Los ACB nos permitirán tomar la decisión sobre si un proyecto debería llevarse a cabo o no. Como ya hemos visto, dependerá en última instancia de su rentabilidad social o financiera. Si el beneficio social, medido por una TIR social, resulta mayor que la tasa de interés que financia el proyecto, entonces éste es socialmente viable y debería llevarse a cabo. Si la TIR del inversionista resulta mayor que la tasa de interés que financia al proyecto, en términos reales, éste es financieramente viable. Como sabemos, en el caso de la conservación y recuperación del medio ambiente, la variable que lo determina es social/ambiental.

La Ciudad de México debe poner un énfasis especial en esto, pues al tener un ritmo de producción de RSU tan elevado, una demanda de energía creciente, y deterioro ambiental cada vez más notable, debe buscar la generación de sinergias, y como hemos visto, el proyecto que se describió y se planteó como alternativa, es de todas, la más razonable y necesaria para nuestra Ciudad.

Conclusiones.

La economía históricamente se ha acompañado de degradación medioambiental. Hasta hace poco era imposible el impulsar la actividad productiva sin producir un impacto negativo en los ecosistemas. El medio ambiente es utilizado tanto como un bien de consumo público, como receptáculo de desechos, y el nivel de residuos que diariamente le suministramos rebasa su capacidad de procesamiento. Esto se refleja en una mala calidad del aire, del agua y del suelo, que derivan en problemas para la salud y en vulnerabilidad en la ciudadanía.

Asimismo, el desgaste que sufre nuestro ecosistema lo vuelve más vulnerable a fenómenos naturales como sismos, tormentas y demás. Estos fenómenos son acelerados por el cambio

¹⁵ De acuerdo con la Cuenta Pública 2016 de la Ciudad de México.

climático, que se produce como resultado de décadas de contaminación desmedida y tienen consecuencias graves.

Con una población creciente, la demanda de energía también crecerá, y la generación de esta energía se debe repensar. Debe ser óptima, esto es, debe producir la mayor cantidad de energía posible al menor costo. Pero en esta ocasión un factor componente, que se debe considerar, del costo de producción, es el costo ambiental. Hemos visto que para que este costo sea determinado existen estudios de impacto y análisis costo-beneficio.

Para la generación de energía se requiere de un sistema normativo que utilice instrumentos de política que generen incentivos a no contaminar o a reducir sus niveles de emisiones al mínimo, puede ser a través de multas o de incentivos fiscales. Para lograr objetivos de calidad ambiental los ajustes de precios mediante tasas sobre las emisiones se ven como posibles instrumentos en términos de eficiencia.

La capacidad de respuesta de la Ciudad de México indudablemente estará en función de la cantidad de recursos que posea para hacerle frente. Lo ideal es que no solamente existan políticas de reacción ante una catástrofe, sino que también las haya en materia de prevención. Es indispensable que la Ciudad tenga perfectamente ubicados los sitios que podrían estar bajo amenaza y aquellos más vulnerables para poner mayor empeño en ellos en tanto a infraestructura se refiere.

Los países en desarrollo suelen ser los más afectados por el cambio climático y a la vez los menos responsables de este. En cuestión de horas, la infraestructura que años les ha tomado construir puede ser destruida. Desafortunadamente la Ciudad de México está severamente expuesta a fenómenos naturales, y como hemos mencionado con anterioridad, estos se agudizan como consecuencia del cambio climático.

La estrategia de combate al cambio climático debe ir acompañada por una estrategia de respuesta ante estos fenómenos perturbadores, y si son vistos en conjunto, entonces pueden configurarse proyectos integrales bien definidos cuya aplicación resulte más eficiente para la Ciudad a aquella que tendría si estos proyectos se pensaran individualmente.

Es necesario estudiar a fondo a la Ciudad para lograr ubicar aquellos puntos en donde se debe reforzar la atención. Los estudios del suelo, del agua y del aire, son instrumentos de suma relevancia para identificarlos y de este modo no solamente reaccionar ante desastres, sino desarrollar estas áreas.

La investigación y la innovación son clave para el desarrollo de las ciudades. Todos los retos para las ciudades previamente enunciados, como transporte, agua, y medio ambiente, requieren también de innovación para ser afrontados. El crecimiento poblacional trae consigo el aumento en generación de residuos, de emisiones contaminantes, de consumo de agua potable, de alimentos, y de energía. Por ello, se deben atacar en conjunto estas problemáticas.

Cada país debe conocer su grado de vulnerabilidad y diseñar y aplicar políticas y medidas necesarias –económicamente viables- para adaptarse a las nuevas condiciones que impone el cambio climático. El gran reto al que se enfrentan los mexicanos es lograr disminuir los

impactos socioeconómicos de los fenómenos hidrometeorológicos extremos que seguirán ocurriendo de manera recurrente (Martínez, 2001).

Las economías avanzadas aprovechan la energía de manera más eficiente que las economías en desarrollo, y mediante el avance tecnológico se logran reducir tanto demanda de energía, costo de generación y niveles de contaminación. Es hacia las energías limpias y renovables a donde debe transitar nuestro país, valiéndose del marco legal, de asociaciones con la iniciativa privada, de los mercados financieros y de otros elementos que están a su disposición para revertir la tendencia que comienza a causar impactos severos. Es fundamental dejar de buscar para este tipo de proyectos una rentabilidad financiera, pues esa no es su finalidad. Lo que se persigue es una rentabilidad social, que mitigue impactos ambientales, dé solución a problemas de manera integral y disminuya los riesgos a los que la ciudad se encuentra expuesta.

El costo de invertir en prevención y adaptación, siempre será menor que el costo de las repercusiones.

Bibliografía:

Aguilera Klink, Federico y Alcántara Vicent. (2011). *De la economía ambiental a la economía ecológica*, edición electrónica revisada. Barcelona: FUHEM, CIP-Ecosocial.

Arnold, Frank (1994) *Economic Analysis of Environmental Policy and Regulation*. Ed. Wiley.

Asamblea Legislativa del Distrito Federal ALDF (2011) *Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para el Distrito Federal*. Disponible en <http://www.aldf.gob.mx/archivo-56a7b9d2fd418684470a7e9a73e618b5.pdf>

Caetano, E. (2008). *Identificación de cuencas atmosféricas en México*. INECC. Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcnica/pres_proname_ago2008_e_caetano.pdf

Catalán, Horacio. (2014). *Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable*. Revista "Economía Informa", número 389. Facultad de Economía, UNAM.

CDMX (2017) *Nota Planta de termovalorización pone a la CDMX a la vanguardia en tecnología y materia ambiental*. Consultada en septiembre 2017, disponible en <http://www.agu.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/planta-de-termovalorizacion-ponela-cdmx-la-vanguardia-en-tecnologia-y-materia-ambiental>

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas CEFP (2016). *Las Asociaciones Público-Privadas como Alternativa de Financiamiento para las Entidades Federativas*. Disponible en <http://www.cefp.gob.mx/publicaciones/documento/2016/junio/eecefp0032016.pdf>

Chandler, David. (2010). *Explained: Radiative forcing*. MIT News. Disponible en: <https://news.mit.edu/2010/explained-radforce-0309>

Contreras, Eduardo (2004). *Evaluación social de inversiones públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica*. Serie Manuales, CEPAL.

Davydova, V. (n.d) *Proyecto de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco, México. Cuencas Atmosféricas del estado de Jalisco*. Disponible en: <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/SubsistemaNatural/Clima/catmos.htm>

Gaceta Oficial del Distrito Federal (GODF), 8 de julio de 2015.

Gómez-Dantés H, Fullman N, Lamadrid-figueroa H, et al.(2016) "Dissonant health transitions in the states of Mexico, 1990-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013". *Lancet* .

Goosse H., P.Y. Barriat, W. Lefebvre, M.F. Loutre and V. Zunz, (2008-2010). Introduction to climate dynamics and climate modeling. Disponible en: <http://www.climate.be/textbook>.

INEGI, México en Cifras (2015) Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/#>

Instituto Nacional de Salud Pública INSP. (2017), *Prioridades de investigación de salud en México*. Disponible en: https://www.insp.mx/images/stories/2017/Avisos/docs/170708_Prioridades_invest_salud.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2013) *Fifth Assessment Report*. Disponible en: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf

International Agency for Research on Cancer (2013) *Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths*. Disponible en: <https://www.iarc.fr/news-events/iarc-outdoor-air-pollution-a-leading-environmental-cause-of-cancer-deaths/>

Legorreta, Jorge. (2013). *Los ríos de la Ciudad de México: pasado, presente y futuro*. Ciencias 107-108, julio 2012-febrero 2013, 18-32. Disponible en: <https://www.revistaciencias.unam.mx/pt/145-revistas/revista-ciencias-107-108/1169-los-ríos-de-la-ciudad-de-méxico-pasado,-presente-y-futuro.html>

Martínez Alier, Joan y Roca Jusmet, Jordi (2001). *Economía ecológica y política ambiental*. 2ª edición corregida y aumentada, México: FCE.

Misra, Taniv. (2015). *New York Is the World's Most Wasteful Megacity, in 3 Charts*. Revista electrónica City Lab. Disponible en <https://www.citylab.com/environment/2015/05/new-york-is-the-worlds-most-wasteful-megacity-in-3-charts/392636/>

Molina, Mario, Sarukhán José y Carabias, Julia. (2017) *El cambio climático. Causas, efectos y soluciones*. Primera edición: México, FCE.

Moss, Richard et. al. (2008). *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Ginebra.

ONU Medio Ambiente (2017) *Aumenta la generación de residuos en América Latina y el Caribe mientras 145.000 toneladas aún se disponen de forma inadecuada cada día*. Disponible en <https://www.unenvironment.org/es/news-and-stories/reportajes/aumenta-la-generacion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe>

Oslo Group. (n.d) *Energy Efficiency Coefficients*. Disponible en <https://unstats.un.org/oslogroup/meetings/og-04/docs/oslo-group-meeting-04-comments-issue-7.2-norway.pdf>

Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Gobierno de la Ciudad de México (2015) *Proyecto del Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*.

Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México SEDEMA (2011). *Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2011*. Disponible en:

http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/informe_anual_calidad_aire_2011/#p=1

Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México SEDEMA (2014) *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020*. Disponible en: http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Estrategia-Local-de-Accion-Climatica-de-la-Ciudad-de-Mexico-2014-2020.pdf

Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México SEDEMA (2016) *Estrategia de Resiliencia CDMX*. Disponible en: <http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/resiliencia/descargas/ERCDMX.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México SEDEMA (2016a) *Inventario de Residuos Sólidos*. Disponible en: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS-2016.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México SEDEMA (2017) *Efectos en la salud, contaminantes criterio*. Disponible en: http://data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/efectos-salud.pdf

Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México SEDEMA. *Impactos y costos económicos del cambio climático*. Disponible en: http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Costos_cambio_climatico_vf.pdf

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (2007). *Cuencas Atmosféricas del Estado de México*. Disponible en: http://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma_pdf_2007_ca_em.pdf

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT (2014) *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/transparencia/programa_especial_de_cambio_climatico_2014-2018.pdf

Suárez, Eduardo y Castillejos, Jessica (2017). *Bordo Poniente, lo que su cierre nos dejó*. Revista "El Big Data". Número 11, p.24.

Van Vuuren, Detlef *et. al.* (2011). *The representative concentration pathways: an overview*. Disponible en springerlink.com.

Varian, H. (2010) *Microeconomía intermedia: un enfoque actual*. 8ª ed. Barcelona: Antoni Bosch.

Vázquez, Víctor. (2014) *Externalidades y medioambiente*. Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing. N. 1. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38541010/Externalidades_y_Medioambiente_-_EUMED.pdf?1440246954=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DExternalidades_y_medioambiente.pdf&Expires=1605

[570074&Signature=W1RVXggqLZTpSGD10wzaaOoVoV8tbnWAeFdE0mSsmwMi2MBdePIUuYef7QHQhwcRWMOcoZA7YKvF-Rv-Lw8q0w4CIMRn-GKWDLTG~bMkRd20RZq2yYz24tx-GY8vdZiC1aOTLV48KRm1QgR~ktrf3Blh2V9k8sbBZ5kS9~0yDasXumeT3uRlpD~yOqhV1kcddmTiJxtt3sol9uUDS4fLAZGeiwQc04GIU02~uC~EejoRxzrqjih1Cp9F1eItnX31fTfxhyAzQfgOsQDGc6qKP1q3XbaSSnIII5wU9KwHWVdsfU38p1IDdgN1AHII9~sW~iSfZ8tmUltZdm51BNDpAQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://www.wecouncil.org/570074&Signature=W1RVXggqLZTpSGD10wzaaOoVoV8tbnWAeFdE0mSsmwMi2MBdePIUuYef7QHQhwcRWMOcoZA7YKvF-Rv-Lw8q0w4CIMRn-GKWDLTG~bMkRd20RZq2yYz24tx-GY8vdZiC1aOTLV48KRm1QgR~ktrf3Blh2V9k8sbBZ5kS9~0yDasXumeT3uRlpD~yOqhV1kcddmTiJxtt3sol9uUDS4fLAZGeiwQc04GIU02~uC~EejoRxzrqjih1Cp9F1eItnX31fTfxhyAzQfgOsQDGc6qKP1q3XbaSSnIII5wU9KwHWVdsfU38p1IDdgN1AHII9~sW~iSfZ8tmUltZdm51BNDpAQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

World Energy Council, WEC (2016). *Waste to Energy*, 2016. Disponible en: https://smartnet.niua.org/sites/default/files/resources/weresources_waste_to_energy_2016.pdf

Zepeda, Raúl *et al.* (2018). *La vulnerabilidad de México ante el cambio climático*. Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República.