

Crisis energética y cambio climático. Diagnóstico y propuestas para México

DRA. MARÍA EUGENIA CASTRO RAMÍREZ
eugeniacastr@me.com

DRA. ANNETTE LIONS RAMÍREZ
annette.lionsr@gmail.com
CyAD, UAM Xochimilco

PALABRAS CLAVE
Cambio climático
Medio ambiente
Ciencia
Tecnología

KEYWORDS
Climate Change
Environment
Science
Technology

Este artículo de investigación analiza la problemática ambiental, poniendo énfasis en el cambio climático, derivado de la crisis energética. Muestra, en primer lugar, las trayectorias de las autoras y como llegaron a la comprensión del problema central del siglo XXI, el cambio climático (CC).

En segundo lugar, analiza el fenómeno complejo de los gases de efecto invernadero y su impacto en la vida humana, desde la etapa de diagnóstico hasta la de prospectiva (el estado actual del CC, desde la era preindustrial, 1850 hasta 2020 y los escenarios posibles a 2030, 2050, y 2100, con un aumento de temperatura de entre 1.5°C y 4°C).

En tercer lugar, se adentra en el análisis multifactorial del calentamiento global, nacional y local / la ciencia de la meteorología: calor y temperatura, anomalías climáticas, las islas de calor en las urbes, los indicadores de calor y lluvia, del aumento del nivel del mar en los océanos y la disminución de los territorios costeros, la concentración de los principales gases de efecto invernadero, los efectos del calentamiento global sobre todas las formas de vida, la desaparición de ciudades y zonas continentales, la pérdida de ecosistemas, las migraciones humanas y concluye con una hipótesis del futuro de una nueva relación sociedad-naturaleza post capitalista. Cierra con las posibles acciones de adaptación y mitigación al CC.

This research article analyzes environmental issues, emphasizing climate change, derived from the energy crisis. It first presents the authors' trajectories and how they came to understand the central problem of the 21st century: climate change (CC).

Second, it analyzes the complex phenomenon of greenhouse gases and their impact on human life, from the diagnostic to the prospective stage (the current state of CC, from the pre-industrial era, 1850, to 2020, and possible scenarios for 2030, 2050, and 2100, with a temperature increase of between 1.5°C and 4°C).

Third, it delves into a multifactorial analysis of global, national, and local warming/the science of meteorology: heat and temperature, climate anomalies, urban heat islands, indicators of heat and rainfall, rising ocean levels and the decline of coastal areas, the concentration of the main greenhouse gases, the effects of global warming on all forms of life, the disappearance of cities and continental areas, the loss of ecosystems, human migration, and concludes with a hypothesis for the future of a new post-capitalist society-nature relationship. It closes with possible adaptation and mitigation actions to climate change.



INTRODUCCIÓN

Hace más de 30 años, María Eugenia Castro Ramírez eligió a la UAM Xochimilco para reflexionar sobre lo que estaba realizando en el campo del hábitat popular y el Medio ambiente con Organizaciones no Gubernamentales y buscando profundizar en ese conocimiento, en lo que para ella era el mejor sistema de enseñanza aprendizaje en México, el sistema modular, y su sistema departamental, donde la interdisciplinariedad era el campo fértil para tal empresa. Venía recién egresada de la maestría en investigación y docencia, área de urbanismo de la UNAM y de hacer su incursión como docente-Investigadora en el Taller de Arquitectura Juan O' Gorman, de la misma universidad. (Castro, 2016)

Ganó una plaza de ayudante de investigación, en el departamento de Síntesis Creativa y allí se inició como docente-investigadora. Venía de trabajar en la reconstrucción de vecindades de los barrios y colonias centrales de la Ciudad de México después de los sismos de 1985. Simultáneamente se desempeña como asesora de proyectos habitacionales con tecnologías alternativas y en el desarrollo de investigaciones en las organizaciones no gubernamentales COPEVI y FOSOFI, donde realizó sus primeras investigaciones publicadas.

Posteriormente ganó una plaza de medio tiempo en el Departamento de Métodos y Sistemas, porque no quería dejar su actividad profesional con grupos sociales, que enriquecen su experiencia en los campos de la docencia, investigación, preservación y difusión de la cultura.

Fue invitada por el Banco Mundial (BM) a exponer sus resultados en los campos del hábitat popular y sus conexiones con el medio ambiente, en su sede en Washington y posteriormente a llevarlas a Turquía donde se realizaría el primer programa de vivienda en ese país musulmán, donde su primera ministra era una mujer. El BM conocía su trabajo en Cartagena, Colombia, donde había realizado la tesis para obtener el grado de arquitecta rediseñando un barrio de 9,000 habitantes y 20 hectáreas, población que vivía en una zona marginada y sin servicios. Y allí desarrolló, junto con los pobres entre los pobres, una pequeña ciudad alternativa con todos los equipamientos y servicios, con ecodiseño a bajos costos económicos, ambientales y sociales en comparación con

los altos costos de los sistemas energéticos convencionales, proyecto que fue premiado y financiado para que fuera materializado.

Lo novedoso, estaba en el proceso participativo y su visión ambiental, para entonces futurista. En ese momento no existía en las mentes de los científicos, ni en la de los políticos, académicos y profesionales, lo que ya era un hecho vivido por los más pobres del Sur Global y la tierra, la destrucción ambiental. Allí en una zona marginal, a la orilla del Mar Caribe, en la ciudad turística más importante de Colombia, descubrió la relación entre la pobreza y el deterioro ambiental, que ellos no causaban, sino del cual eran víctimas. Una Ciudad que crecía dentro de la ciudad con 200,000 seres humanos que luchaban por sobrevivir en asentamientos precarios sobre las ciénagas de la gran Cartagena de Indias, en una ciudad de medio millón de habitantes a finales de los 70 y principio de los 80.

Pero descubrió entonces que no estaba sola, Paolo Lugari un ingeniero colombiano, llamado por Gabriel García Márquez “el inventor del mundo” en la Orinoquía colombiana, establecía una comunidad llamada “Gaviotas” donde convivían científicos y comunidades originarias y campesinas “reinventando el mundo”. Un mundo en donde se podía lograr el desarrollo pleno de todas las formas de vida, con cero impactos en el ambiente, lo que hoy llamamos Energía Cero. Y con ello la relación entre el aumento de temperaturas y el uso humano irracional de los bienes ambientales, entre ellos, los hidrocarburos que emitan gases efecto invernadero, especialmente en las ciudades, y provocan lo que hoy denominamos el Cambio Climático.

Hace 25 años junto con otros profesores-investigadores crearon el Área de investigación: Espacios habitables y Medio ambiente, que incorpora paulatinamente jóvenes investigadores egresados de la maestría y doctorado en Ciencias y Artes para el Diseño.

Cuando en 2014 Annette Lions Ramírez cambia su residencia de la ciudad de Veracruz a la Ciudad de México se presentan las condiciones para entrar a estudiar un doctorado, lo que parecía necesario desde la conclusión de su maestría en diseño arquitectónico y bioclimatismo. Sentía que faltaba mucho por hacer, así que se dio a la tarea de investigar universidades y al final decidió concursar para entrar al doctorado

en CyAD de la UAM Xochimilco, atraída, especialmente, por su enfoque ambiental, social y humanista.

Así fue como ingresa en la UAM, donde conoce a la persona que más ha influido en su quehacer académico, la Dra. María Eugenia Castro Ramírez, al fungir como tutora de su tesis doctoral y con la que tiene la oportunidad de participar en varios proyectos de investigación, todos relacionados con el diseño ambiental y casi todos con el cambio climático.

Su interés por estos temas nace de su amor por la naturaleza y la preocupación del impacto que la arquitectura genera en los ecosistemas, por lo que en su tesis doctoral aborda el tema del cambio climático a nivel local con el título “Importancia del clima urbano en los estudios ambientales de la ciudad. Caso de estudio: Formación de islas de calor en zona chinampera de Xochimilco” en la que estudia la relación entre el crecimiento urbano, las islas de calor y el cambio climático.

Actualmente, se encuentra desarrollando esta misma investigación, adaptada a las características y condiciones de la ciudad de Veracruz como ciudad costera con una alta vulnerabilidad al cambio climático, tanto por olas de calor como por la elevación del nivel del mar, como parte del proyecto colectivo: “Modelos socioambientales para evaluar el cambio climático y prevenir riesgos en México” (Castro et al, 2017-2024)

Después de titularse continúa investigando de forma independiente sobre temas de cambio climático, siempre con el apoyo de la Dra. Castro y en 2022 concursó para una plaza temporal como profesora investigadora con la cual se integra de nuevo en la UAM Xochimilco, ahora como profesora-investigadora. Esto le da la oportunidad de seguir con su investigación además de continuar participando con la Dra. Castro en proyectos ambientales colectivos, que ahora impactan también a los alumnos de la carrera de arquitectura, aplicando con ellos los conceptos adquiridos para generar conciencia ambiental en los futuros arquitectos y crear nuevas formas de ecodiseño y de habitar.

Este artículo muestra la investigación y los resultados más relevantes del trabajo de las dos investigadoras.

LA PROBLEMÁTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los indicadores clave del cambio climático son más alarmantes que nunca, desde la subida de la temperatura y la concentración de CO₂ hasta el aumento del nivel de los mares o el deshielo de los glaciares del Ártico y la Antártida, entre los más importantes. Lo que hace indispensable hacer prospectiva ambiental, para poder visualizar distintos escenarios sobre el grado de calentamiento e impactos en el futuro de la humanidad y por ende de las acciones de adaptación y mitigación que tenemos que realizar aquí y ahora. Véase figura 1

Los indicadores clave del cambio climático son más alarmantes que nunca, desde la subida de la temperatura y la concentración de CO₂ hasta el aumento del nivel de los mares o el deshielo de los glaciares del Ártico y la Antártida, entre los más importantes. Lo que hace indispensable hacer prospectiva ambiental, para poder visualizar distintos escenarios sobre el grado de calentamiento e impactos en el futuro de la humanidad y por ende de las acciones de adaptación y mitigación que tenemos que realizar aquí y ahora.

La figura 1 muestra como un niño nacido en 2020, según los distintos escenarios de emisiones, puede o no sobrevivir al calentamiento global. En el mejor de los casos, el de bajas emisiones (1.5° más desde la era preindustrial), no podrá llegar a vivir sino pocas décadas, pero con graves problemas de sobrevivencia (malas condiciones de salud, con carencias de bienes naturales para su alimentación, epidemias y pandemias, migraciones por causas del cambio climático, desertificación, incremento y mayor frecuencia de fenómenos como sequías, inundaciones, e incendios entre otros. Y en el peor de los casos, solo sobrevivirán los que por sus condiciones socioambientales sean los más aptos, en este caso, no quienes habitan en ciudades, ni tienen los mayores ingresos económicos, sino los poblados de las selvas y los lugares más apartados del planeta que vivan en armonía con la naturaleza y donde sean capaces de adaptarse a las nuevas condiciones del cambio climático.

De acuerdo con nuestra hipótesis de la investigación más reciente, seguramente las comunidades más pobres, en términos de la economía global, pero más ricas en conocimientos ambientales ancestrales y permaculturales, cuyos modos de producción no

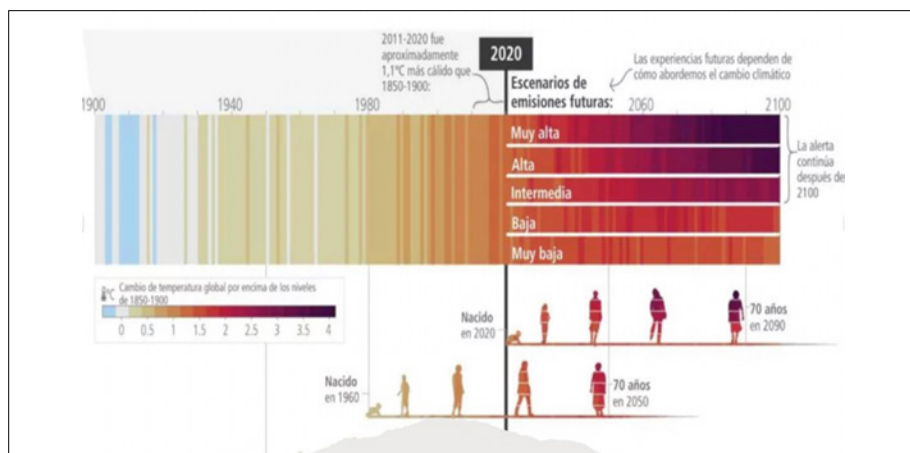


Figura 1. El grado de calentamiento e impactos en el futuro dependen de las acciones que se tomen ahora. Fuente: IPCC, 2023.

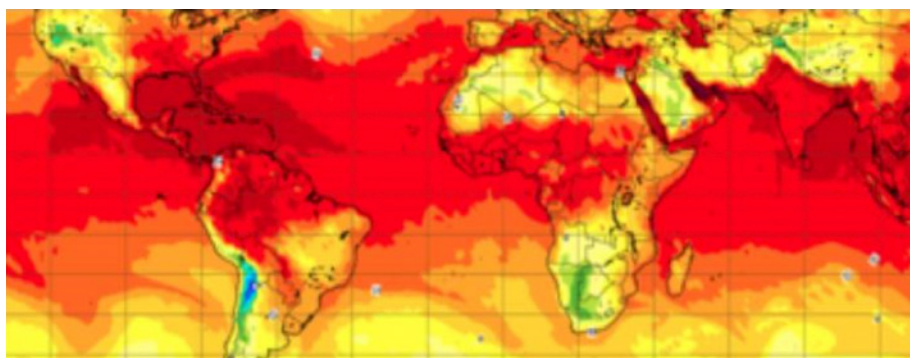


Figura 2. La temperatura de los océanos es tan alta que se están convirtiendo en lo más inesperado: desiertos. Fuente: En Xataka, 2024

sobrepasen la capacidad de regeneración de los ciclos de la naturaleza, mucho más lentos que los que venimos imponiéndole desde el desarrollo industrial y tecnológico hasta hoy, serán los que pueblen la tierra. (Castro, Lions et al, 2024)

Los negacionistas de las ciencias del cambio climático que actualmente dominan el planeta, como Trump, hacen que sus países profundicen y agraven el problema, acercándonos cada vez más a la imposibilidad de sobrevivencia de los humanos sobre Gaia.

RÉCORDS DE CALOR

El planeta batió en 2016 su tercer récord anual consecutivo de calor, con una temperatura superior de alrededor de 1.1°C respecto de la media de la era preindustrial, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y en 2024 llegó a 1.5°, límite señalado por los científicos, como el límite del no retorno de la vida humana sobre el planeta. Véase figura 2.

El siglo XXI cuenta ya con 24 años más calurosos desde que empezó el registro de temperaturas, en 1880, debido no a eventos climatológicos cíclicos, como el del Niño, sino al calentamiento global generado por los gases de efecto invernadero. Véase figura 3 y 4.

Si hacemos un cruce de datos de los registros de anomalías de temperatura y los de la presencia del fenómeno del niño registrados entre el año 1850 al 2024, obtenemos una gráfica como la que se muestra, en la que podemos ver las anomalías de temperatura negativas (por debajo de la temperatura media en la era preindustrial) en color azul, las anomalías de temperatura positivas (por encima de la temperatura media en la era preindustrial) en color rojo sólido y en las barras que aparecen debajo de la línea base en color rojo pálido los registros de presencia del fenómeno del niño y se muestra claramente que el aumento de las temperaturas no está relacionado con el fenómeno del niño. Véase figura 5

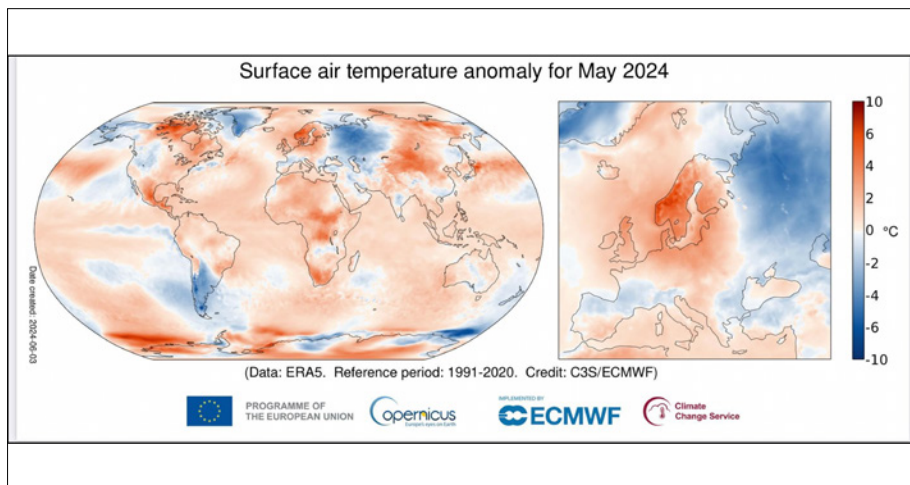


Figura 3. Anomalías de temperatura en mayo de 2024.

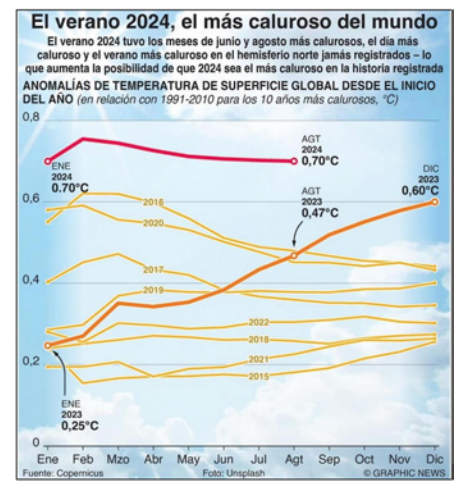


Figura 4. Registro del año más caluroso. Fuente: Copernicus, 2024⁷

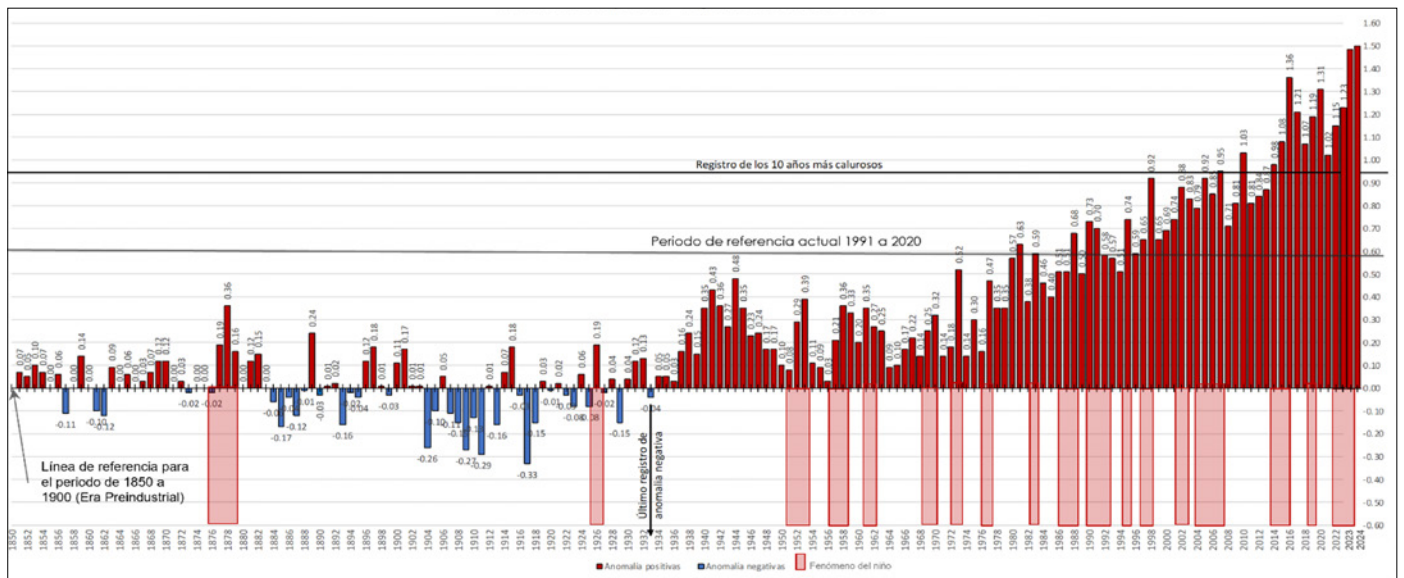


Figura 5. Cruce de datos registrados de anomalías de temperatura y presencia del fenómeno del niño en el periodo comprendido entre 1850 y 2024. Fuente: Adaptación del gráfico del NOAA, 2024.

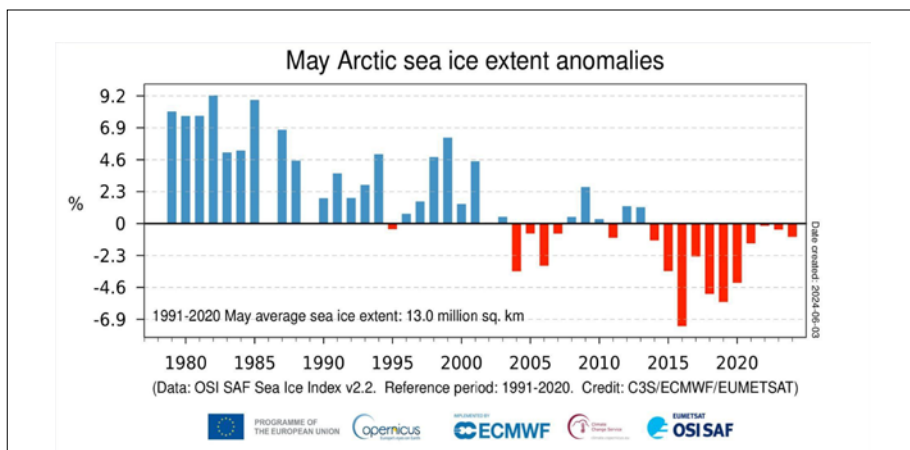


Figura 6. Registro de temperaturas de los últimos años. Fuente: Programa de la Unión Europea, Copernicus, ECMWF, Servicio de cambio climático y OSISAF, 2024.

En el Ártico, la extensión del hielo estival de 2024 fue la tercera más reducida jamás registrada (la segunda en 2016 con 4.14 millones de km², por detrás de la de 2012). Véase figura 6. En algunas regiones de Rusia, la temperatura fue 6°C o 7°C superior a lo normal. En el otro extremo de la Tierra, en la Antártida, la banquisa (hielo marino) perdió en la primavera austral (noviembre) casi 2 millones de km² respecto de la media de los pasados 30 años: era de 14.5 millones de km² en 2016, y de 18.35 millones entre 1981 y 2024. (AFP, 2017, Castro, 2024)

El deshielo de los glaciares en los macizos alpinos continuó por 44 años consecutivos.

ISLAS DE CALOR EN ÁREAS URBANIZADAS

Las grandes ciudades, por el efecto de las “islas de calor” generadas por la construcción con materiales de alta masa térmica como el hormigón, el acero y el asfalto, (véase figuras 7 y 8) la desaparición de zonas arboladas, el uso excesivo de energía eléctrica, la aglomeración de personas, entre otras causas, registrando temperaturas que pueden llegar a ser de hasta 8°C más altas que en las zonas naturales cercanas. (Lions, 2020).

Es por esto que los estudios de cambio climático a escala local se vuelven de importancia ya que esta escala permite visualizar las causas provocadas por los modelos de urbanización, identificar el nivel de vulnerabilidad de la población al cambio climático y diseñar estrategias para enfrentar la situación.

La Ciudad de México y su zona metropolitana es una de las diez metrópolis más pobladas del mundo con más de 20 millones de habitantes que equivale al 17% de la población nacional (OCDE, 2015), lo cual implica un enorme impacto a la región natural donde se encuentra emplazada. Al sur de ésta, se encuentra la zona chinampera de Xochimilco, uno de los pocos relictos del sistema lacustre que solía contener la Cuenca de México y que contiene un polígono de protección como patrimonio de la humanidad por la UNESCO (1987). Al ser una zona agrícola que además de contener una riqueza cultural con sus técnicas agroecológicas ancestrales, es también una zona de importancia ambiental por sus canales, lagos y zonas arbolada, que cobra especial relevancia al estar inmersa en medio de una de las ciudades más grandes del mundo: la Ciudad de México.

Este polígono se ha visto reducido debido al crecimiento urbano, que ejerce presión sobre la zona de chinampa reduciendo continuamente su extensión. Uno de los problemas que está generando esta situación es el cambio en el clima local al cambiar zonas arboladas y cuerpos de agua por asfalto y concreto.

Lo que aquí se presenta es parte de los resultados de la tesis doctoral de la investigación aplicada en Xochimilco, México, para lo cual se siguieron los siguientes métodos e instrumentos.

MÉTODOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA MEDIR EL CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL LOCAL EN LAS ÁREAS URBANIZADAS DE LA ZONA CHINAMPERA

1. Trabajo de campo: registro de temperatura local indicada por el Meteorológico Nacional, Recolección de datos en distintos puntos de la zona: temperatura local registrada con termómetro hidrogáfico, registro de temperaturas de superficies de suelo cubierta con distintos materiales naturales y artificiales, registro con cámara higrótérmica de la temperatura superficial de estos materiales.
2. Obtención y procesamiento de datos de la estación meteorológica más cercana, ubicada dentro de los 5 kilómetros de diámetro de la zona de estudio. En caso de no existir, se puede recurrir a datos de la NASA.
3. Procesamiento de datos obtenidos en trabajo de campo para identificar la presencia de islas de calor
4. Procesamiento los datos climáticos con los softwares ICC y Clic-MD para el cálculo de los indicadores de cambio climático
5. Determinación de las tendencias al alza y a la baja de los indicadores de cambio climático por décadas con el fin de identificar los indicadores que presentan ten-

dencias críticas y determinar la gravedad de los cambios en el clima.

6. Graficación de los resultados de los indicadores de temperatura mínima y máxima y el de rango diurno de temperatura que indica la amplitud entre las temperaturas mínimas y las máximas, cuya tendencia a la baja, es un indicador de existencia de islas de calor

Los resultados obtenidos al aplicar esta metodología en áreas urbanizadas de la zona chinampera de Xochimilco se confirma la formación de islas de calor a pesar de la cercanía con los canales y los sembradíos de la zona chinampera.

En las imágenes se muestran tomas de temperatura de las superficies del suelo en dos puntos de una misma avenida con pocos metros de distancia, solo que en el primer tramo existe arbolado viario en el camellón y en el segundo no. El uso de estos materiales de alta masa térmica y la falta de vegetación son dos de los principales elementos que provocan las islas de calor. Figuras 7 y 8.

Al obtener las tendencias por década se pueden identificar si los cambios fueron extraordinarios o van evolucionando bajo una tendencia al alza o a la baja. Los datos resaltados en azul son los que presentan datos por debajo de -1.96 y en rojo los que se encuentran por encima del 1.96 considera-

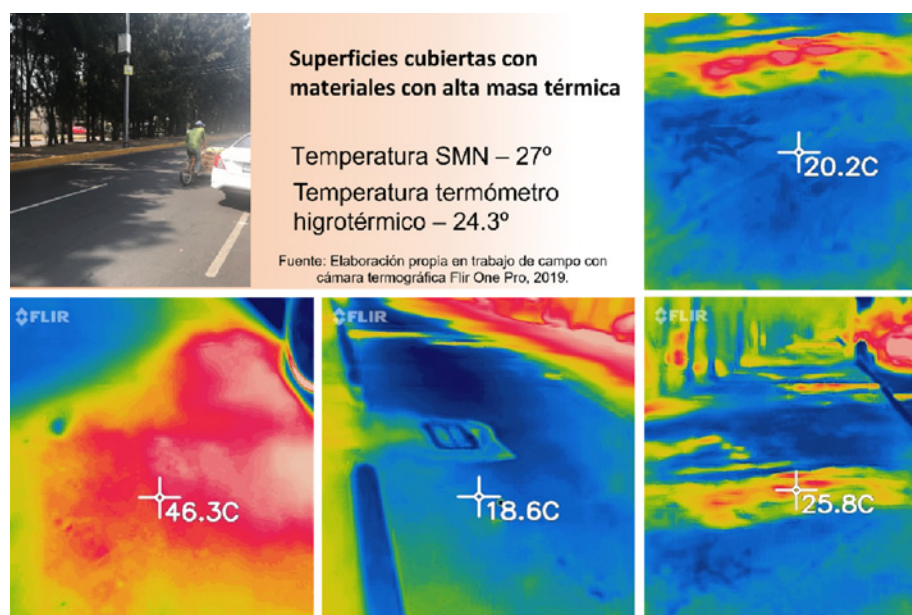


Figura 7. Registro de temperaturas superficiales en coberturas terrestres en la avenida Muyuguarda, Xochimilco, México, en tramo con camellón arbolado. Fuente: Lions, 2020.

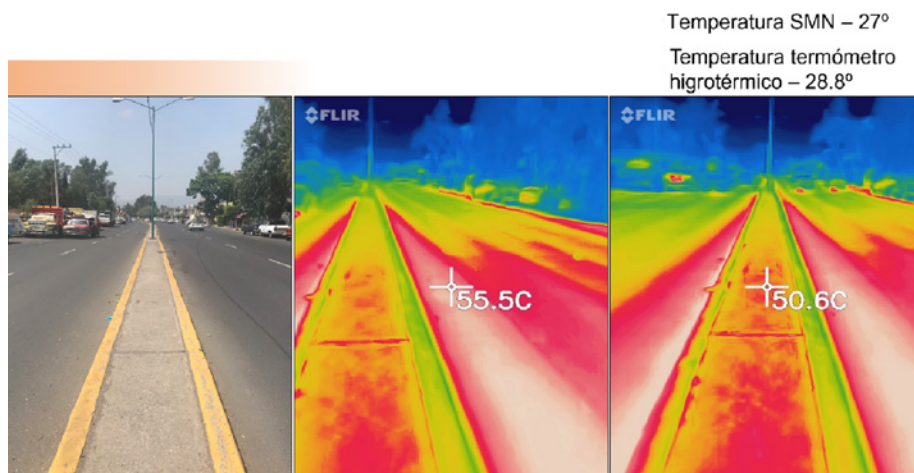


Figura 8. Registro de temperaturas superficiales en coberturas terrestres en la avenida Muyuguarda, Xochimilco, México, en tramo solo con materiales de alta masa térmica. Fuente: Lions, 2020.

dos como en un estado crítico. En la gráfica se pueden observar tendencias de más de 6 puntos en las temperaturas mínimas que representan las temperaturas nocturnas, así como una tendencia crítica a la baja en el indicador de rango diurno de temperatura de -5.2, rebasando por el límite de tendencia crítica. Véase figura 9.

Si clasificamos los resultados de las tendencias veremos que los indicadores relacionados con temperaturas, salvo los de heladas (que han desaparecido en la zona) y el de rango diurno de temperatura, van al alza y los de precipitación a la baja, lo que demuestra la existencia de un cambio significativo en la climatología local. Véase figura 10.

Proyección de la tendencia anual de los indicadores climáticos relacionados con temperatura																		Proyección de la tendencia anual de los indicadores climáticos relacionados con precipitación													
	FD	DTR	CSDI	GSL	ID	DC40	TR	TN10p	TN90p	WSDI	TXx	TXn	SU	TX10p	TX90p	TNn	TXx	R10mm	R10mm	R20mm	Rnn	CWD	PRCPTOT	R95p	R99p	RX1Day	RX5Day	CDD	SDII		
	Días con helada	Rango diario de temperatura	Duración de los periodos fríos	Estación de crecimiento	Días con hielo	Días con temperaturas > 40ºC	Noches tropicales	Noches frías	Noches cálidas	Duración de los periodos cálidos	Temperatura máxima extrema	Temperatura máxima baja	Días de verano	Días frescos	Días calurosos	Temperatura mínima extrema	Temperatura mínima alta	Días con precipitación mayor a 10 mm	Días con precipitación mayor a 20mm	Días con precipitación mayor a 50 mm	Días húmedos consecutivos	Precipitación total	Días muy húmedos	Días extremadamente húmedos	Precipitación máxima en un día	Precipitación máxima en cinco días	Días secos consecutivos	Índice simple de intensidad diaria			
1954	-0.4	-1.5	1.54	0.31	0	0	0	1.14	-0.55	0.25	1.29	0.74	1.39	0.5	0.84	1.34	0.4	1.04	-0.64	2.13	2.14	0.79	-0.3	-0.49	-0.55	1.48	-1.44	-0.45			
1969	2.85	2.39	-1.04	-0.1	0	0	0	0.14	1.53	1.58	-1.89	0.36	-1.94	0.27	0.14	-2.21	-2.52	-1.53	-0.5	-1.58	-0.86	-1.58	-0.45	-1.4	0.72	0.54	-0.23	-0.68			
1979	0.09	1.28	-1.3	-0.54	0	0	0	-1.39	-0.79	1.54	-0.42	-0.68	-0.99	-0.79	-0.4	-0.22	-0.84	-2.42	-2.18	-2.62	-1.77	-2.47	0.07	-1.41	-0.26	-0.99	-2.2	-2.47			
1989	-2.2	1.59	-0.94	-0.57	0	0	0	-2.19	-0.9	1.43	1.24	0.54	0.89	0	0.4	1.16	0.48	-2.08	-1.99	-2.1	-2.73	-2.19	0.48	-0.6	-1.33	1.12	-1.77	-0.53			
1999	-4.5	-0.6	-0.28	-0.2	0	0	0.33	-0.49	-0.63	-0.58	2.99	3.32	3.57	-0.53	-0.57	4.17	1.39	-0.87	-0.37	-0.41	-0.85	-0.08	1.09	1.07	2.1	0.4	0.18	0.35			
2009	-5.3	-3.5	0.44	-0.01	0	0	0.13	0.82	0.5	0.3	2.66	2.25	3.08	0.12	1.41	5.17	3.29	-0.2	0.34	-0.12	-0.22	0.22	0.57	1.27	0.98	2.06	0.2	1.21			
2018	-6	-5.2	0.33	-0.15	0	0	0.04	1.02	1.71	1.43	1.47	1.73	3.26	1.98	2.6	6.17	4.13	-2.47	-1.53	-2.63	-1.91	-1.79	-1.49	0.03	0.94	-0.59	0.54	-0.23			

Figura 9. Datos obtenidos en la prueba Mann-Kendall anual para la zona de estudio por décadas. Fuente: Lions, 2020.

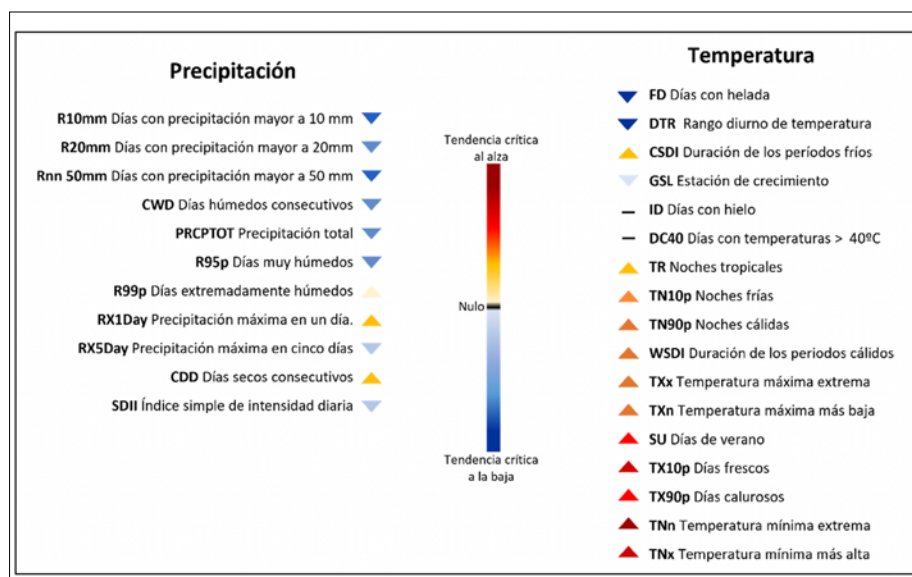


Figura 10. Datos obtenidos en la prueba Mann-Kendall anual para la zona de estudio. Fuente: Lions, 2020.

La presencia de islas de calor pone en vulnerabilidad a la población urbana aumentando el impacto de las olas de calor, fenómeno que en el 2023 fue responsable del fallecimiento de 47,690 personas en Europa, 11,000 en Estados Unidos y 419 en México. Identificar estos cambios climáticos a nivel local en las ciudades es importante para poder implementar estrategias para proteger a la población y estas estrategias deben ir de la mano de los proyectos arquitectónicos y de planeación urbana y territorial (OMM, 2024).

CUATROCIENTAS PARTES POR MILLÓN

La concentración de los tres principales gases de efecto invernadero –dióxido de carbono (CO₂), metano y óxido nitroso– alcanzó nuevos máximos en 2024.

Lo anterior, también es explicable por la ganadería intensiva que ocupa no solo los pastizales, sino también por la destrucción de los bosques y la desertificación, es decir por los cambios de usos del suelo, producto del consumo de productos cárnicos, que no hacen parte de la dieta básica de los humanos, pero sí contribuye cada vez más al calentamiento global.

Según un estudio reciente, el fenómeno, que se pensaba que era gradual hasta la fecha, parece acelerarse: el nivel de los mares ha crecido entre 25 y 30% más rápido de 2004 a 2015, que durante el periodo de 1993 a 2004. Un buen ejemplo es el resultado del estudio prospectivo que hemos realizado en el proyecto colectivo “Modelos socioambientales para evaluar el cambio climático y prevenir riesgos en México” que no solo muestra el estado actual de la elevación del nivel del mar para México en 2023, sino lo que será su nuevo territorio entre 2030 y 2050, con la pérdida de grandes áreas continentales y puntos específicos, ciudades y poblaciones costeras (Castro, 2024) Véase figuras 11 y 12.

Figura 11. Poblaciones afectadas por el aumento del nivel del mar en 2023. Fuente: Castro, ME (2024). Elaboración propia con base en el modelado prospectivo de cambio climático. Ortiz, JE (2024). Mapeo y modelado cartográfico

Figura 12. Pérdida de superficie continental de México por el aumento en el nivel del mar de acuerdo con los resultados de la modelación prospectiva (entre 1 y 10 mts de altura con respecto a 2023. Fuente: Castro, ME (2024). Elaboración propia con base en el modelado prospectivo de cambio climático. Ortiz, JE (2024). Mapeo y modelado cartográfico

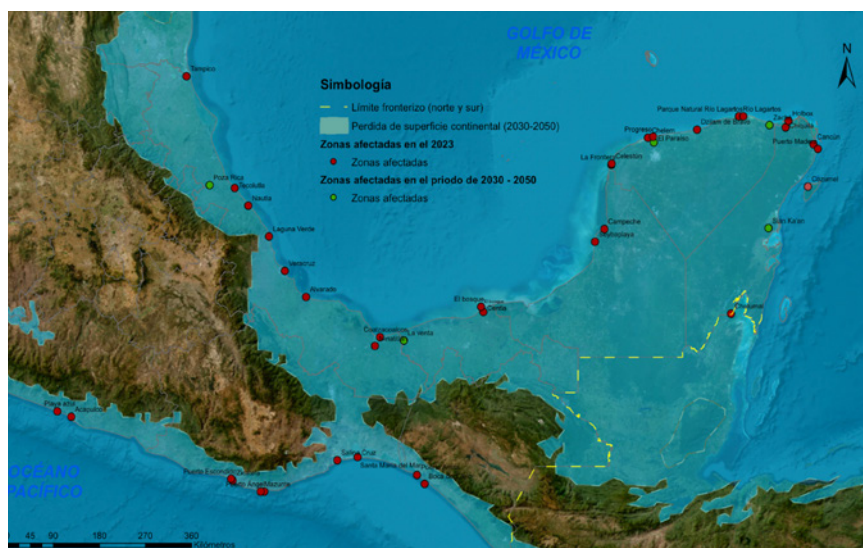


Figura 13. Pérdida de superficie continental de México por el aumento en el nivel del mar en el Golfo de México de acuerdo con los resultados de la modelación prospectiva (entre 1 y 10 mts de altura con respecto a. Fuente: Castro, ME (2024). Elaboración propia con base en el modelado prospectivo de cambio climático. Ortiz, JE (2024). Mapeo y modelado cartográfico



Figura 14. Pérdida de superficie continental de México por el aumento en el nivel del mar en el Pacífico mexicano de acuerdo con los resultados de la modelación prospectiva (entre 1 y 10 mts de altura con respecto a 2023. Fuente: Castro, ME (2024). Elaboración propia con base en el modelado prospectivo de cambio climático. Ortiz, JE (2024). Mapeo y modelado cartográfico

1. Mareas terrestres (mareógrafos) utilizados para medir el nivel del mar en puntos específicos a lo largo de las costas, estos instrumentos registran las variaciones en el nivel del mar a lo largo del tiempo, permitiendo observar tendencias a largo plazo.
2. Satélites altimétricos (Topex/Poseidón, Jason 1, 2 y 3) miden la altura de la superficie del mar con precisión. Estos satélites emiten pulsos de radar hacia la superficie del océano y miden el tiempo que tarda el eco en regresar, lo que permite calcular la altura del mar.
3. GPS y sistemas de Referencia Geodésica. Las estaciones GPS situadas en las costas permiten medir el movimiento vertical de la tierra, lo que ayuda a distinguir entre el aumento del nivel del mar real y el movimiento terrestre.
4. Modelos climáticos y Oceanográficos. Los modelos numéricos se utilizan para simular las condiciones del océano y el clima. Estos modelos integran datos de observación y principios físicos para proyectar cambios futuros en el nivel del mar basados en diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. (Clim MD y los del IPCC)
5. Datos de boyas y sensores en los océanos. Boyas equipadas con sensores de presión, los cuales miden las variaciones en el nivel del mar en áreas remotas de los océanos. Estas mediciones complementan los datos de los satélites y mareógrafos.
6. Gravimetría satelital. Misiones como GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) miden cambios en la gravedad terrestre, que están relacionados con la redistribución de masas de agua, permitiendo estimar el aumento del nivel del mar ocasionado por el derretimiento de glaciares y capas de hielo.
7. Fotogrametría y drones. Se utilizan en áreas costeras específicas para mapear con alta precisión los cambios en las líneas de las costas y el nivel del mar.
8. Sedimentos y registros geológicos. El análisis de núcleos de sedimentos marinos y costeros proporciona un registro histórico del nivel del mar a lo largo de miles de años, ayudando a contextualizar las tendencias recientes.
9. e-Clim, el Clim MD y otros para construir los escenarios posibles.

Este incremento en el nivel del mar se ha intensificado a medida que los glaciares y casquetes polares se deshuelan (Antártida, Groenlandia y Ártico). El alza es más rápida en algunos puntos, como el Pacífico y el océano Índico a nivel global. A nivel nacional en el Golfo de México.

EXTREMOS CLIMÁTICOS.

El calentamiento favorece los episodios meteorológicos extremos, en particular las sequías y las olas de calor, señala un estudio de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2016). Según algunos climatólogos, el volumen de sequías, incendios forestales,

inundaciones y huracanes debidos a las alteraciones del clima se han duplicado desde 1990. Ver figura 15.

La violencia de los tifones en China, Taiwán, Japón y las dos Coreas debería aumentar, según un estudio que indica que en los pasados 35 años los tifones que han golpeado el este y el sureste asiático han ganado entre 12 y 15 por ciento de intensidad. Al mismo tiempo, la frecuencia de las tormentas extremas se ha triplicado en el Sahel por culpa del calentamiento global, advierte otro estudio. Más recientemente en el Pacífico mexicano y en ciudades como Los Ángeles en California.

De acuerdo con el Banco Mundial, las pérdidas vinculadas con los desastres naturales ascenderán a 520 mil millones de dólares al año y arrastrarán a 26 millones de personas a la pobreza anualmente.

Ecosistemas y especies afectadas por el cambio climático

De las 8 mil 688 especies amenazadas, o casi, 19 por ciento (mil 688) se ven afectadas por el cambio climático, tanto por las temperaturas como por los fenómenos extremos que éste entraña. La Gran Barrera de Coral ha registrado su peor episodio de blanqueo por segundo año consecutivo en 2017. Además,



Figura 15. Comparativa de registro de los incendios anuales registrados en mapas satelitales por el satélite Copernicus. Fuente: Lions, 2025. Elaboración propia con datos de Copernicus, 2025 y Google Earth Engine

los corales que se hayan visto afectados dos años seguidos no podrán recuperarse, aseguran científicos australianos. Un aumento de las temperaturas superior a 1.5°C, un ambicioso límite incluido en el acuerdo de París junto con el de 2°C, traería consigo una alteración de los ecosistemas de la cuenca mediterránea inédita en 10 mil años, entre otras. (Los síntomas alarmantes del Cambio Climático. AFP. Diario la jornada, 2/06/17. Castro 2024 y Lions, 2020)

LA CIENCIA DE LA METEOROLOGÍA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.

El cambio en los patrones de comportamiento del clima, son medibles en el tiempo y el espacio, las otras dos dimensiones que contempla la ciencia de la meteorología y hoy la del Cambio Climático, donde la cuestión energética es central en el fenómeno del Cambio Climático

Ciencias a las que los diseñadores, particularmente los de asentamientos humanos, planificadores territoriales y arquitectos, aún hoy con pocas excepciones, han incorporado en su quehacer profesional, científico, tecnológico y de innovación.

Tal vez muchos de ustedes se preguntarán ¿por qué tendríamos que incorporar este conocimiento en los campos del diseño?

Esperamos que al final de este artículo, hayan encontrado la respuesta.

Ustedes dirán, fácil en un asentamiento rural indígena, o en una ciudad pequeña, pero imposible en una metrópoli. No fue fácil, ni lo será, no solo por el tamaño, sino por la complejidad de los factores que intervienen, pero hay un hecho incontrovertible que juega a nuestro favor, la autodestrucción del sistema capitalista, que ha llevado a la mayoría de la población a una situación, donde ya no tiene nada más que perder, reivindicando lo único que les queda, sus valores ancestrales, la solidaridad, la ayuda mutua, la cultura, la tierra. Si como nos dicen los científicos sociales la ciudad, entre otras, no es más que la expresión física de las relaciones sociales de producción, pues otras formas de relación tienen que generar nuevas y diferentes formas de materializarse en el territorio. Es decir que si cambiamos esas formas, podremos cambiar su expresión física.

¿Y eso cómo se hace? Dirán ustedes. Comencemos desde abajo, desde las comunidades, desde lo que nos es conocido, desde

las experiencias exitosas como las señaladas. Multipliquemos esas experiencias.

Prefiguremos ambientalmente nuestra casa, nuestra cuadra, nuestra manzana, nuestra colonia, nuestro poblado, las pequeñas y medianas ciudades, utilizando la fuerza de los conocimientos ancestrales y locales de los pobladores y apoyémoslos con los conocimientos científicos, técnicos y con la innovación.

Con la finalidad de tener primero: comida saludable y accesible no transgénicos, es decir trayendo el campo a las ciudades (ruralizando las urbes), naturalizando los asentamientos humanos, dejando que se regeneren sus ecosistemas naturales, en lugar de redensificarlos con edificaciones en altura.

Se requiere crear sumideros de carbono, que nos permitan respirar, sustituir todo el transporte (incluido el metro bus, por ejemplo) por sistemas energéticamente limpios, movidos por energías solar, eólica y otras con impacto cero, sustituyendo todas las formas de energía contaminante incluidas, las del gas natural, biocombustibles derivados de alimentos y la nuclear.

Igualmente, para la producción industrial y la agroindustria, la que será sustituida por la agricultura familiar y campesina-urbana, abastecida con semillas nativas, con cultivos biodiversos, rotatorios, mejorados con sistemas agroecológicos y sustituyendo los fertilizantes y plaguicidas químicos dañinos para la salud por sistemas naturales, como la lombricomposta o el control de plagas con herbicidas naturales.

Lograr la autosuficiencia alimentaria, con los productos de una dieta propia, el maíz, el frijol, el nopal, entre otros. Sustituyendo aquellos productos con altos contenidos de energía en su producción, como la ganadería extensiva de vacunos, por huertos de frutos y vegetales de temporal, propios de nuestra dieta, para contener el problema de la obesidad, hoy el mayor problema de salud pública en el país. Desarrollando pequeñas granjas urbanas avícolas y piscícolas, con bajas demandas de energía.

Rescatemos el sistema chinampero, como sistema integral de vida en comunidades como la de Xochimilco y los ríos de la ciudad de las ciudades, gravemente deteriorados, contaminados o entubados.

Asegurada la alimentación y la salud, pasamos al derecho a la vivienda. El mayor consumo energético actual 70% está en el

mal diseño de la misma. Diseñar los asentamientos y la vivienda considerando criterios bioambientales y bioclimáticos, es el primer y más importante paso y está en las manos de los diseñadores.

Pero ustedes nos dirán ¿cómo hacerlo si eso no se enseña en nuestras carreras de diseño? ¿Si no está en sus planes de estudio? Y dirán los maestros ¿cómo vamos a enseñarlo si no está en los planes y programas de estudios, si llevamos más de treinta años y no se han podido modificar de fondo, por ejemplo, en la carrera de arquitectura de la UAM Xochimilco y en otras universidades de México?

Hay dos caminos: uno el que ha estado llevando a cabo la licenciatura en planeación territorial de la misma institución, actualizarlos vía el trabajo colectivo y el consenso con sus disensos y llevarlo a las instancias institucionales o el camino seguido en arquitectura, hacer adecuaciones que no han servido para nada, bueno sí para que las autoridades se llenen la boca diciendo que las carreras están certificadas, aun cuando eso no se traduzca en una mejor y necesaria formación profesional, en un campo que requiere integrar nuevos conocimientos como los ambientales y tecnológicos, así como los de innovación para poder insertarse en el campo laboral y contribuir en las soluciones de problemas “socialmente relevantes” y emergentes como los que estamos señalando (los ambientales, entre ellos el Cambio Climático).

Entonces ustedes se preguntarán ¿cómo lo han hecho ustedes? Bueno en mejores épocas lo hicimos amparados en la libertad de cátedra y en la racionalidad de las autoridades de la División, que comprendieron y estimularon la necesidad de actualizarlos, por vía de los hechos, dada la imposibilidad de lograr acuerdos entre los docentes, comisiones, autoridades, etc.

Hoy vivimos la época más oscura a nivel mundial y regional y a eso no escapa la universidad, solo con el pensamiento crítico y la demanda sostenida de los alumnos y académicos por una mejor educación, diversa, plural y crítica, podrá lograrse que esto cambie en el terreno de la educación pública, develemos la oscuridad, ahora está en nuestras manos.

Regresando al tema del consumo energético en el habitar, el otro 30% está en los sistemas de servicios e instalaciones tradicio-

nales, que hoy se siguen enseñando, como si nada hubiese cambiado y que tienen que ser sustituidos por sistemas limpios como los de recolección, tratamiento, uso, reciclamiento y reuso del agua pluvial, la infiltración a los mantos acuíferos, después de reducir el consumo, vía el cambio en los patrones sociales y tecnológicos como los reductores y ahorradores en la red de distribución, entre otros.

Es necesario hacer un cambio desde la concepción de los proyectos y reducir significativamente los requerimientos de energía, a la vez de que la energía utilizada sea energía limpia, ya que la industria de la edificación es responsable del consumo del 35% de la energía del mundo y del 38% de la generación de CO₂. Véase figura 16

Todo lo anterior se puede hacer de manera colectiva desde la comunidad, desde las escuelas y las familias.

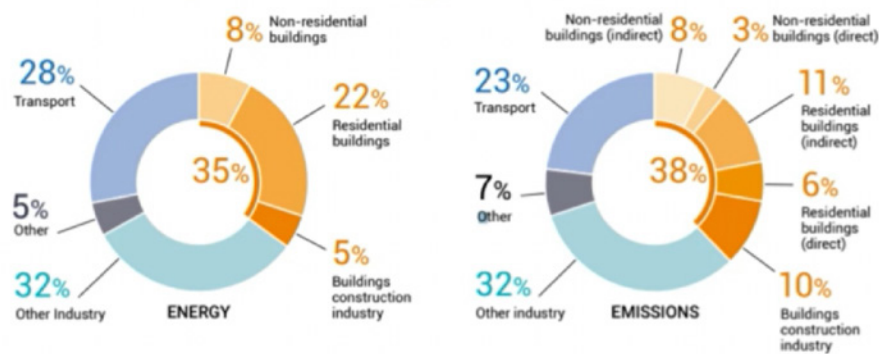
Para el tratamiento y disposición final de las llamadas aguas servidas hay variados sistemas ecotecnológicos, desde la producción artesanal y casera hasta sistemas tecnológicamente más complejos.

Lo mismo sucede con la sustitución de las energías convencionales, derivadas de los hidrocarburos o combustibles fósiles y aún de energías menos contaminantes como la hidroeléctrica, pero socialmente devastadora, o la nuclear por los peligros y riesgos que entraña para la vida y salud ecosistémica y humana, la cual en nuestra propuesta de hace más de 30 años debe y puede ser reemplazada por energías limpias con cero emisiones de carbono, como la solar, eólica y mecánica, etc.

El gran peligro para la humanidad está en nuevas propuestas tecnológicas, que entrañan grandes riesgos para la vida y cuya viabilidad no ha sido probada científicamente como la modificación genética por procedimientos biotecnológicos y que pretenden usarse en la contención del Cambio Climático, por grandes transnacionales de la agroindustria como Monsanto y sus derivadas, rechazadas entre otros, por los científicos del Panel intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) y los movimientos indígenas, de campesinos, ambientalistas, entre otros.

Las grandes empresas extractivas, industriales y manufactureras, contribuyen con la mayor parte de los gases efecto invernadero y otros contaminantes, desechando al ambiente sus desechos y subproductos, se

Global share of buildings and construction final energy and emissions, 2019



Notes: Buildings construction industry is the portion (estimated) of overall industry devoted to manufacturing building construction materials such as steel, cement and glass. Indirect emissions are emissions from power generation for electricity and commercial heat. Sources: (IEA 2020d; IEA 2020b). All rights reserved. Adapted from "IEA World Energy Statistics and Balances" and "Energy Technology Perspectives".

Figura 16. Consumo de energía y emisiones de CO₂ en el mundo. Fuente: Alianza global para la edificación y la construcción, 2020.



deberán reconvertir en medianas y pequeñas empresas limpias es la única manera de combatir el Cambio Climático y solo con procesos amplios de adaptación y mitigación a nivel local y global podremos asegurar la sobrevivencia de nuestra especie en Gaia, la madre tierra.

Diagnóstico y propuestas.

Se realizaron a partir de la práctica interdisciplinaria del Área de Investigación "Espacios Habitables y medio ambiente" del Departamento de Métodos y Sistemas, de la División

de Ciencias y Artes para el Diseño, de la UAM Xochimilco. Soporta todos los procesos de investigación, docencia, servicio y difusión de la cultura e involucra también a los investigadores jóvenes en proceso de formación y formados como investigadores, los alumnos de posgrado y licenciatura, así como a las comunidades con las que trabajamos.

Cubre tres ámbitos: el epistemológico-conceptual, el metodológico-instrumental y los resultados de investigación, planeación, diseños e innovación, ya desarrollados a lo largo de este artículo.

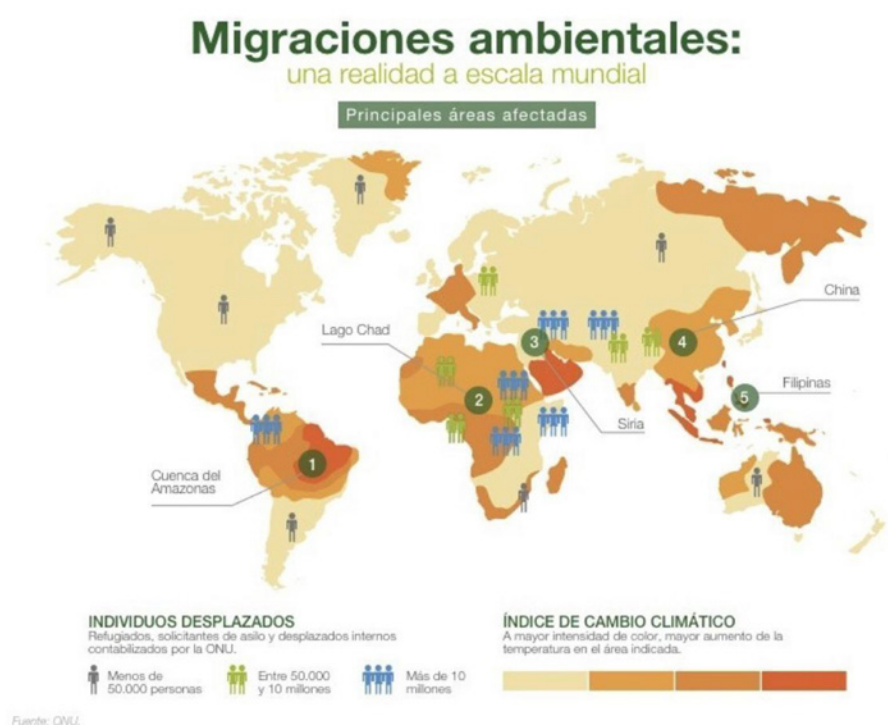
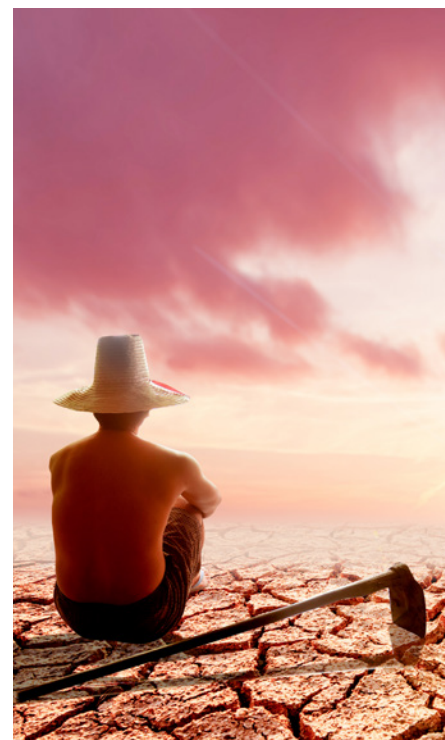


Figura 17. Migraciones ambientales, áreas afectadas a nivel mundial. Fuente: ONU, 2024



CONCLUSIONES

Si el mayor problema actual es el del Cambio Climático y la sobrevivencia de las diferentes formas de vida sobre el planeta, entonces se requiere abordarlo y entenderlo desde una perspectiva científica, tecnológica y de innovación, lo que obliga a un trabajo inter y transdisciplinario y con una visión ecocéntrica y holística, donde participen todos los actores involucrados, sumando el conocimiento ancestral, local y empírico al conocimiento académico-científico, así como a las políticas públicas y los recursos globales, que nos lleve a un nuevo paradigma de energía cero, que haga posible la conservación de todas las formas de vida sobre el planeta, en primer lugar, y avanzar hacia nuevos modelos de desarrollo sustentable.

Estamos en el límite, si no detenemos el cambio climático y el derroche energético, con intervenciones efectivas y eficaces de mitigación y adaptación inmediatas, las distintas formas de vida del planeta desaparecerán.

Las migraciones humanas por causas climáticas son cada vez más frecuentes y se ubicarán en los territorios que tengan las condiciones climáticas para la sobrevivencia

de la vida humana. Es un hecho irreversible. Véase figura 17

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AFP (2017). Los síntomas alarmantes del Cambio Climático. *Diario la jornada*, 2/06/17.

Castro, ME (2016). “A 20 años de la creación de la maestría y doctorado en CyAD”

Conferencia magistral, UAM Xochimilco.

Castro, ME et al (2017-2024). “Modelos socioambientales para evaluar el cambio climático y prevenir riesgos en México”. Informe final de investigación, EHMA, CYAD, UAM-X, México.

Castro ME, Lions A et al (2024) Proyecto de investigación colectiva. “Hábitats postcapitalistas tras la desaparición de las ciudades ocasionadas por el cambio climático, las islas de calor y la destrucción ambiental”, aprobado por el Consejo Divisional de CyAD, el 19 de enero de 2024, UAM Xochimilco, CDMX.

C3S/ECMWF (2024). Programas de la Unión Europea de observación y monitorización

de la Tierra, Copernicus, Servicios de cambio climático.

Copernicus (2024). Cambio climático, Unión Europea.

IPCC (2023). Informe Anual DE LOS GRUPOS I, II Y III.

Organización Meteorológica Mundial (2025). Informe del estado y comportamiento de la atmósfera, ONU, Ginebra, Suiza.

Lions A. (2020) “Importancia del clima urbano en los estudios ambientales de la ciudad. Caso de estudio: Formación de islas de calor en zona chinampera de Xochimilco”. Tesis de grado de doctorado en CyAD, área de sustentabilidad ambiental, UAM-X, México

Global Alliance for Building and Construction (2020). 2020 Global status report for building and construction. Programa ambiental de las Naciones Unidas, Nairobi. Xataka (2024). Web de noticias de tecnología en español, México

ONU (2024). Reporte sobre migraciones, Nueva York, Estados Unidos