
Resiliencia, mitigación y adaptación al cambio

PID_00228818

Antoni Alarcón
Marc Montlleó

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 3 horas



Índice

1. Cambio climático y cambio global	5
2. Mitigación y adaptación	17
3. Resiliencia urbana	23
3.1. Retos futuros	25
3.2. Planificar la resiliencia	26
4. Gestión inteligente al servicio de la sostenibilidad de las ciudades	29
Bibliografía	33

1. Cambio climático y cambio global

El llamado cambio global, en el que destaca su componente de cambio climático, son realidades que vivimos cotidianamente en los medios de comunicación. No se percibe ya como un problema de futuro, sino como una realidad a la que nos hemos de adaptar y un desafío al que hemos de responder.

El cambio global puede analizarse desde muchas perspectivas. Ninguna de ellas ofrece, por sí misma, una visión completa de la complejidad y multidimensionalidad del concepto. Una aproximación más científica al tema lleva a la conclusión de la necesidad de resolver las dualidades naturaleza-sociedad, puesto que el análisis de los procesos que intervienen en el cambio global permite observar una serie de relaciones continuas y cambiantes entre las fuerzas inductoras de carácter biofísico y las de carácter social, y sólo es posible atender al fenómeno desde la atención, y acción, sobre ambas esferas.

Pero lo que es indudable es que la mayor parte de nosotros comparte la sensación de que el clima está cambiando. Esta percepción se basa, generalmente, en la comparación de los inviernos o veranos actuales con los existentes durante nuestra niñez.

Estos problemas han trascendido del mundo científico y técnico, siendo un argumento no únicamente en las conversaciones cotidianas, sino incluso como base de guiones cinematográficos. El ex vicepresidente, y el que fuera candidato a presidente de Estados Unidos, Al Gore, ha popularizado el problema del calentamiento global mediante el documental *Una verdad incómoda*, que le valió conjuntamente, con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas, el Premio Nobel de la Paz 2007.

Por su parte, el informe Stern sobre la economía del cambio climático encargado por el Gobierno británico al prestigioso economista Nicholas Stern, aborda por primera vez los posibles problemas económicos derivados del calentamiento global.

Sus principales conclusiones afirman que se necesita una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del cambio climático y que, de no hacerse dicha inversión, el mundo se expondría a una recesión que podría alcanzar el 20% del PIB global. El informe también sugiere la imposición de ecotasas para minimizar los desequilibrios socioeconómicos.

En definitiva, en la actualidad existe tal flujo de información con tantas contradicciones que está confundiendo a todos los sectores públicos y privados: ciudadanos, políticos, gestores, etc. Llega a ser tanta la desinformación que, frecuentemente, se confunde el pronóstico del tiempo con el cambio climáti-

Referencia bibliográfica

Stern, N. y otros (2006) Stern Review on the Economics of Climate Change. *HM Treasury*, London. Enlace en castellano: <http://www.catedracambioclimatico.uji.es/docs/informestern.pdf>

co. Es fácil escuchar en las conversaciones cómo el hecho de que no llueva en un determinado lugar es culpa del cambio climático. El pronóstico meteorológico es cada vez más fiable debido a las herramientas disponibles, mientras que los temas relacionados con el clima son mucho más complejos, ya que se basan en modelos mucho más inciertos; nada que ver una cosa con la otra.

Uno de los casos más frecuentes de confusión en los medios de comunicación y, por tanto, en la percepción de la sociedad, es la propensión a plantear si un evento inusual determinado es o no una manifestación del cambio global. Si los recientes períodos de sequía, los *booms* de medusas en las zonas de la costa mediterránea, o, a otra escala, acontecimientos puntuales, otros más recurrentes como los huracanes (algunos de la virulencia del Catrina del 2005), son o no manifestaciones del cambio climático, no puede ser respondido de forma definitiva, pues éste no se compone de eventos concretos, sino de una pauta o un patrón estadístico de series de eventos consistentes en tendencias esperables o predicciones.

Confusionismo sobre el alcance del cambio climático y su irreversibilidad.

Por otra parte, no hay unanimidad en el sector científico acerca de la posible relación entre el calentamiento global y el incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera. Importantes expertos en climatología, geología, oceanografía y otros sectores están absolutamente en contra de estas tesis.

Uno de estos exponentes es Bjørn Lomborg, escritor y divulgador ambiental danés que, en 1998, publicó *El ecologista escéptico (Verdens sande tilstand)*. Este autor, a partir de los mismos datos que disponen la IPCC, ONU, WWF, etc., intenta contradecir el mensaje, según el, pesimista sobre el cambio climático. A pesar de que el estado real del mundo le parece positivo, advierte que aún quedan muchos problemas por resolver y no es precisamente el calentamiento global el más acuciante.

El principal problema en el que pone el acento es el de la pobreza, para lo que demanda, en primer lugar, la donación del 0,7% del PIB de los países desarrollados. Artículos sobre este libro aparecieron tanto en *Nature* como *Scientific American* y significó un verdadero revuelo en el mundo científico, siendo muy criticado y alabado por diferentes sectores de la sociedad.

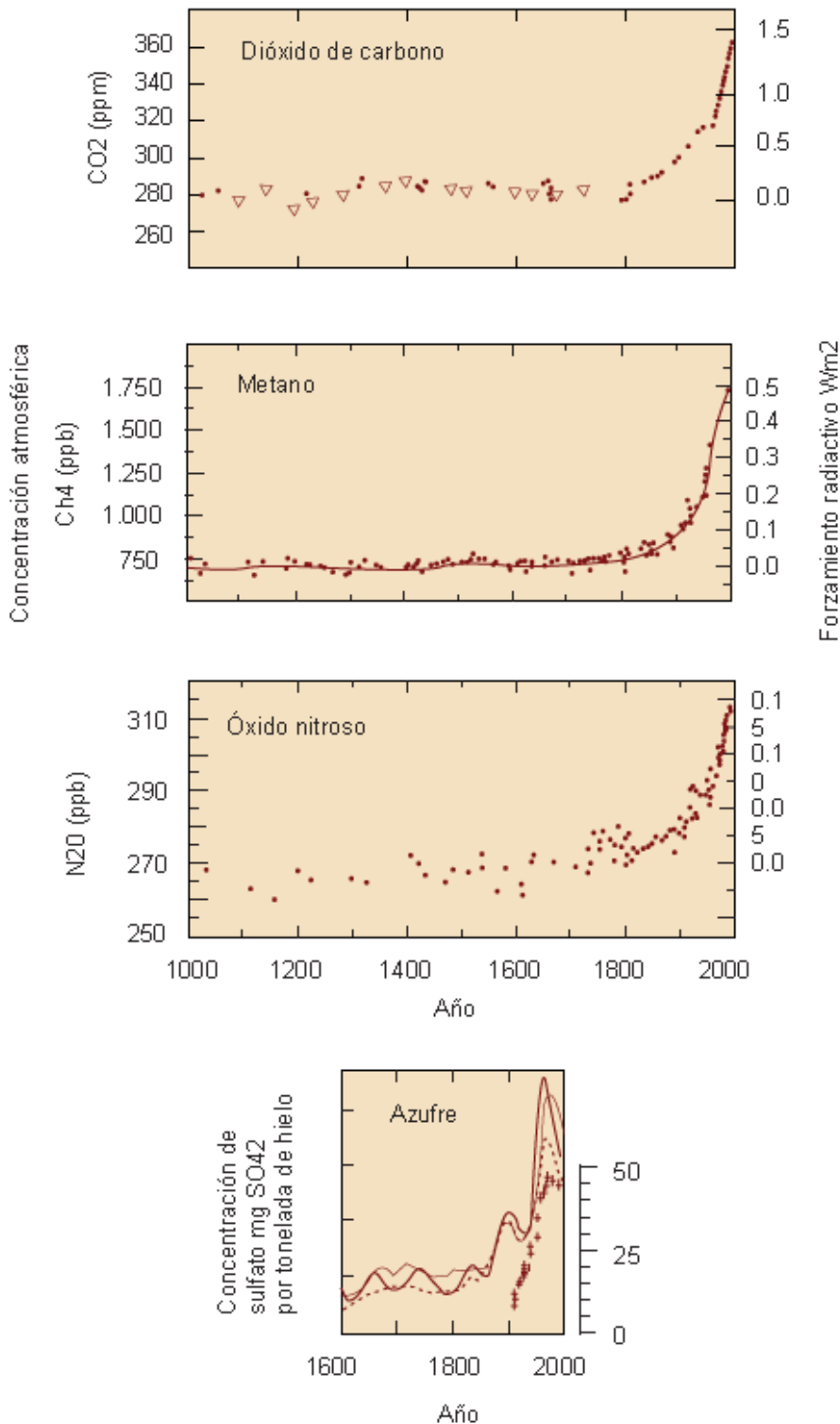
Por su parte, últimamente se han emitido documentales tanto por la CBS como el Channel Four de Gran Bretaña que se han mostrado contrarios a las tesis sobre el calentamiento global enunciadas en el documental de Al Gore.

Referencia bibliográfica

Edición castellana: Lomborg, B. (2005). *El ecologista escéptico*. Espasa-Calpe.

Básicamente, dudan de que el incremento de la concentración de CO₂ sea el responsable del cambio climático, y creen que el incremento de la temperatura del planeta está más relacionado con los cambios de la actividad solar.

Sin embargo, y a pesar de la seriedad de las dudas planteadas por un grupo de científicos escépticos al respecto, la mayor parte del mundo científico está aceptando las tesis sobre el calentamiento global.



Concentración de diferentes gases de efecto invernadero.

Fuente: Carlos M. Duarte. *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra*. CSIC.

Hay que reconocer que el nombre de calentamiento global no es muy afortunado. El "cambio" es algo que va ligado con el planeta Tierra. A lo largo de sus miles de millones de años de historia, este planeta ha experimentado cambios mucho más intensos que los que se pronostican ahora con el "cambio climático". Sin ir más lejos, la aparición de la vida, como la entendemos, fue gracias a un cambio importante en la atmósfera primitiva, pobre en oxígeno y con altos niveles de radiación ultravioleta, provocada por la fotosíntesis de los microorganismos que facilitó la creación de una atmósfera con un 21% de oxígeno y una capa de ozono que filtra los rayos ultravioleta.

Por otra parte, los niveles de CO₂ a lo largo de la historia más reciente han ido cambiando, como indican los registros geológicos. De hecho, este componente es minoritario en la composición de la atmósfera, con sólo un 0,033%. La concentración del CO₂ atmosférico se ha incrementado desde los 280 ppm (partes por millón, que equivale a una fracción molar de $\mu\text{mol}/\text{mo}$; para el agua, corresponde a 1mgr/l) en 1750, a 368 ppm en el año 2000 y en la actualidad ya supera a los 400 ppm. Por tanto, se ha incrementado a un ritmo medio anual de 1.5 ppm, lo que equivale al 0,5% anual, es decir, más del 30%.

Todo es mucho más complejo de lo que parece y los equilibrios son difíciles de calibrar. El océano juega un papel importante como depósito de CO₂, sin el cual el aumento de la concentración atmosférica de este gas sería significativamente mayor que el actual.

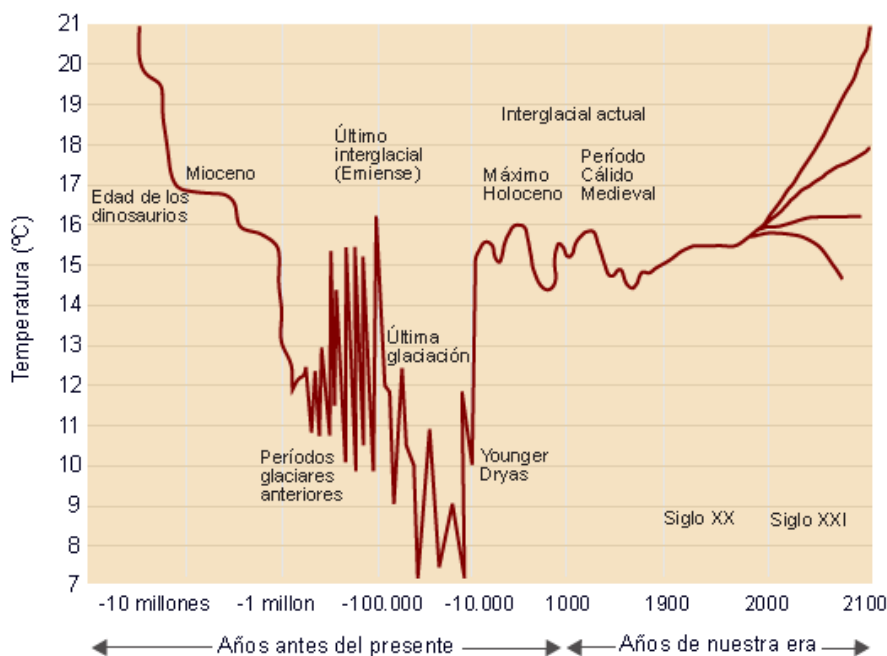
El secuestro de CO₂ por parte del océano tiene lugar por medio de procesos físico-químicos y biológicos. Estos procesos son conocidos como bomba física (o de solubilidad) y bomba biológica; ambos contribuyen a transportar CO₂ desde la superficie a aguas profundas y capturarlo en los sedimentos, alejándolo así de un retorno a corto plazo a la atmósfera.

Incluso el clima ha variado, constantemente, desde el origen de nuestro planeta hace más de 4.500 millones de años. Estos cambios no sólo se han producido a escala geológica (millones de años), sino también en nuestra historia reciente (últimos miles y cientos de años). Los periodos glaciares e interglaciares experimentados durante el Cuaternario (últimos 2,6 millones de años) constituyen momentos extremos de avance y retroceso de los casquetes glaciares desde las zonas polares hacia latitudes ecuatoriales. Dentro de estos grandes ciclos glaciares e interglaciares, existen variaciones importantes en las condiciones climáticas medias.

En los últimos mil años, se han producido dos variaciones reseñables de signo climático opuesto: el periodo "cálido" –conocido como Periodo Cálido Medieval (entre 900-1200)– y el periodo frío, denominado como Pequeña Edad del Hielo (entre 1550 y 1850). Durante el Periodo Cálido Medieval, existen referencias históricas que señalan la expansión de los viñedos en el sur de Ingla-

terra, y la retirada de los glaciares a cotas más elevadas. Posteriormente, en la Pequeña Edad del Hielo desaparecieron los viñedos de Inglaterra; incluso se conservan imágenes con del río Támesis helado. Otros ríos se llegaron a helar, diferentes veces, en este período, como el Ebro o el Tajo, en España.

Todas estas variaciones de la temperatura del planeta se han relacionado con ciclos de actividad solar, grandes erupciones volcánicas y la composición atmosférica, fundamentalmente de los gases traza de origen natural (H_2O , O_3 , CO_2 , N_2O , CH_4). Además, el efecto invernadero ha estado siempre presente desde el momento que se formó la atmósfera, contribuyendo de forma determinante al desarrollo de la vida sobre la Tierra. Parte de la radiación que proviene del sol, aproximadamente un 30%, es reflejada hacia el espacio. Si no existiera la atmósfera, la superficie de la Tierra se encontraría, al igual que la de la Luna, con una temperatura media de $-18^\circ C$.



Variación de la temperatura media de la Tierra a escala geológica.
Fuente: C. M. Duarte. *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre la tierra*. CSIC.

Esto es debido a que los gases (y aerosoles) que constituyen la atmósfera son radiativamente activos. Estos gases son conocidos como gases con efecto invernadero (GEI). A pesar de que absorben poca radiación solar, sí que absorben fuertemente la emisión de radiación infrarroja que emite la superficie de la Tierra, volviendo a emitir radiación del mismo tipo (infrarroja) tanto al espacio exterior como hacia la superficie. En consecuencia, se produce un calentamiento de las partes bajas de la atmósfera, provocando que la temperatura media en la superficie sea de $15^\circ C$. Esto es lo que se denomina efecto invernadero.

El principal gas con efecto invernadero, con mucho, es el vapor de agua (cerca del 80% del efecto total), seguido a mucha distancia del CO₂ (algo menos del 20%), pero que es el máximo responsable de su intensificación (con un 53%), seguido del metano CH₄ (20%), y de otros gases.

Por tanto, vemos, por una parte, que a lo largo de la historia del planeta Tierra precisamente cambios, y muy importantes, no han faltado, siendo estos, determinantes en la evolución de la vida en nuestro planeta. Por otra, precisamente el denominado efecto invernadero es decisivo en el clima del planeta y ha permitido que se desarrolle la vida que nosotros conocemos.

¿Estamos actualmente en un período de cambio "natural"? ¿El calentamiento actual es diferente a los cambios del pasado? ¿Es la intensidad de esos fenómenos la que lleva a una situación más crítica? Es difícil de responder, pero se puede afirmar que dos nuevas características acompañan la evolución de los últimos decenios. En primer lugar la rapidez con la que este cambio está teniendo lugar, con transformaciones notables en espacios de tiempo tan cortos para la evolución del planeta como décadas; y en segundo lugar, el hecho de que las actividades antrópicas parecen estar implicadas en todos estos cambios.

Certezas científicas sobre el calentamiento del planeta.

Algunos de los indicios de este calentamiento global serían, según el cuarto informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, los siguientes:

- Las concentraciones de CO₂ (280 ppm en 1750 a 379 ppm en el 2005), CH₄ (715 ppmm en 1750 a 1.771 ppmm en el 2005) y N₂O (270 ppmm en 1750 a 319 ppmm en el 2005) en la atmósfera mundial han aumentado considerablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750. En la actualidad, exceden con mucho de los valores preindustriales determinados mediante el análisis de núcleos de hielo acumulados durante miles de años.
- Aumento de la temperatura. La tendencia lineal a 100 años (1906-2005) está cifrada en 0,74 °C (entre 0,56 °C y 0,92 °C). Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta y es más acentuado en las latitudes septentrionales superiores. Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos.
- El aumento de nivel del mar concuerda con este calentamiento. En promedio, el nivel de los océanos mundiales ha aumentado desde 1961 a un promedio de 1,8 mm/año (entre 1,3 y 2,3), y desde 1993 a 3,1 mm/año (entre 2,4 y 3,8), en parte por efecto de la dilatación térmica y del deshielo de los glaciares, de los casquetes de hielo y de los mantos de hielo polares.

No es posible dilucidar hasta qué punto esa mayor rapidez evidenciada entre 1993 y 2003 refleja una variación decenal, o bien un aumento de la tendencia a largo plazo.

- Las observaciones evidencian un aumento de la actividad ciclónica tropical intensa en el Atlántico Norte desde, aproximadamente, 1970, con escasa evidencia de aumentos en otras regiones.
- Entre 1900 y el 2005, la precipitación aumentó notablemente en las partes orientales del norte de Sudamérica y Norteamérica, Europa septentrional y Asia septentrional y central, aunque disminuyó en el Sahel, en el Mediterráneo, en el sur de África y en ciertas partes del sur de Asia. En todo el mundo, la superficie afectada por las sequías ha aumentado probablemente desde el decenio de 1970.
- La disminución observada de la extensión de nieves y hielos concuerda también con el calentamiento. Los datos de los satélites obtenidos desde 1978 indican que, en promedio anual, la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en 2,7% por decenio (entre 2,1 y 3,3), y en mayor medida en los veranos, en que ascendió a 7,4% por decenio (entre 5,0 y 9,8). En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios.

Parece, pues, tras el análisis de la infinidad de observaciones disponibles de las últimas décadas, que estamos asistiendo a un cambio climático real.

De todas maneras, existe un gran número de incertidumbres: la función de los aerosoles y de las nubes, la no siempre clara relación entre la subida de las temperaturas y el incremento de la concentración de GEI en la atmósfera, el papel de los sumideros, principalmente de CO₂ (en especial, los océanos y las nuevas tecnologías) y sobre todo la gran complejidad del clima como sistema no lineal.

Cuando consideramos, en conjunto, los procesos que se dan en el sistema climático, se observa que unos influyen en otros y que los resultados de la acción de dichos procesos considerados individualmente influyen en sus propias causas (*feedbacks*). El tratamiento analítico, en este caso, es extremadamente difícil, sino imposible, siendo lo más adecuado su simulación mediante modelos, aunque éstos también muestran grandes limitaciones.

Por otra parte, la actividad política tampoco parece llevar un buen camino. Las emisiones en muchos países no sólo no han disminuido, sino que se han incrementado considerablemente.

En la Cumbre de 1992, en Río de Janeiro se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático para comenzar a considerar los problemas relacionados con el cambio climático. En 1997, los gobiernos acor-

daron incorporar una adición al tratado, conocida con el nombre de Protocolo de Kyoto que cuenta con medidas más enérgicas (y jurídicamente vinculantes). Desde 1988, un Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático ha examinado las investigaciones científicas y ofrecido a los gobiernos resúmenes y asesoramiento sobre los problemas climáticos.

Los compromisos del Protocolo de Kyoto

El compromiso obligaba a limitar las emisiones conjuntas de seis gases (CO₂, CH₄, N₂O, compuestos perfluorocarbonados (PFC), compuestos hidrofluorocarbonados (HFC) y hexafluoruro de azufre) respecto al año base de 1990 para los tres primeros gases, y 1995 para los otros tres, durante el periodo 2008-2012, con una reducción global acordada del 5,2% para los países industrializados (esto significa reducciones tanto desde los países que tienen que asumir un -8% de las emisiones como desde los que tienen que llegar a +10% de las emisiones¹).

⁽¹⁾Más información en: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php.

Se estableció que el compromiso sería de obligado cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables de, al menos, un 55% de las emisiones de CO₂. Con la ratificación de Rusia en noviembre del 2004, después de conseguir que la UE pagara la reconversión industrial, así como la modernización de sus instalaciones, en especial las petroleras, el protocolo entró en vigor en febrero 2005.

Llevamos más de 20 años hablando sobre el cambio climático, el evento que se puede considerar el inicio de las conversaciones internacionales sobre el cambio climático se produjo en la Cumbre de la tierra de Río de Janeiro. Allí se dio a conocer el Convenio marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC), pero de hecho el protocolo fue ratificado solo por 84 países en el año 1997, la primera Conferencia de las Partes (COP) se realizó en el año 1995 en Berlín. En las COP es donde los Estados miembros discuten las medidas, los acuerdos, los mecanismos de financiación de reducción de los países industrializados, así como la transferencia de tecnologías a países en vía de desarrollo, mecanismos de adaptación, de mitigación, así como los valores de emisiones y cumplimiento de los acuerdos por parte de los estados que han ratificado el Protocolo, a día de hoy 194 países más la Unión Europea han ratificado el Protocolo de Kyoto.

El Protocolo de Kyoto (PK o KP por sus siglas en inglés) es un tratado filial de la CMNUCC que contiene medidas jurídicamente vinculantes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y cuyo primer período de compromiso finalizó en el año 2012. La Hoja de Ruta de Bali fue adoptada en la XIII Conferencia de las Partes y la III Reunión de las Partes en diciembre de 2007

en Bali. Esta hoja de ruta es un conjunto de decisiones con visión de futuro que representan la labor esencial que es necesario realizar siguiendo varias vías de negociación para llegar a un futuro seguro en lo que respecta al clima.

En la CP 16, se llegó a un consenso sobre tres áreas principales del régimen del cambio climático: adaptación, financiación y tecnología. Constituyó un paso significativo hacia un acuerdo internacional jurídicamente vinculante. Ahora los países también están trabajando en hacer operativos lo que se conoce colectivamente como Acuerdos de Cancún, que incluye la decisión de entablar negociaciones en torno al segundo período de compromiso del PK, que comenzaría en 2013. Sin embargo, antes de las negociaciones se deberá decidir las normas de compromiso para asegurar una base científica sólida.

Actualmente ya llevamos 20 COP, y las discusiones siguen (en las conferencias hay aproximadamente un promedio de unos 7.000 conferenciantes) entre representantes de países, de regiones, de estamentos internacionales, de Naciones Unidas, de la Unión Europea, observadores, organizaciones no gubernamentales y prensa. Son grandes eventos en los que se discuten nuevos datos, medidas, propuestas, seguimiento y cumplimiento del protocolo, etc.

El proceso climático en retrospectiva

2012	De camino a la XVIII Conferencia de las Partes (CP18) en Doha, Catar.
2011	XVII Conferencia de las Partes (CP17) en Durban, Sudáfrica.
2010	Se redactan los Acuerdos de Cancún que son ampliamente aceptados por la CP en la CP 16. En estos acuerdos, los países formalizaron las promesas que habían hecho en Copenhague.
2009	Se inicia la redacción del Acuerdo de Copenhague en la CP 15 celebrada en Copenhague. La Conferencia de las Partes toma nota de este y, posteriormente, los países presentan promesas no vinculantes de reducción de las emisiones o promesas de medidas de mitigación.
2007	Se publica el cuarto Informe de evaluación (AR4) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). El público se sensibiliza sobre la ciencia del cambio climático. En la CP 13, las Partes acuerdan la Hoja de Ruta de Bali, que marca el camino hacia una situación mejorada después de 2012 a través de dos corrientes de trabajo: el Grupo de Trabajo Especial sobre los nuevos compromisos con arreglo al Protocolo de Kyoto (GTE-PK), y otro grupo creado en el marco de la Convención, el Grupo de Trabajo Especial sobre la cooperación a largo plazo (GTE-CLP).
2006	Se adopta el Programa de trabajo de Nairobi.
2005	Entra en vigor el Protocolo de Kyoto. La primera reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto (MOP 1, por sus siglas en inglés) se celebra en Montreal. De acuerdo con los requisitos del Protocolo de Kyoto, las Partes iniciaron las negociaciones en torno a su siguiente fase en el marco del Grupo de Trabajo Especial sobre los nuevos compromisos de las Partes del anexo I con arreglo al Protocolo de Kyoto (GTE-PK).
2004	Se acuerda el Programa de trabajo de Buenos Aires sobre las medidas de adaptación y de respuesta en la CP 10.

Fuente: United Nations Conference

El proceso climático en retrospectiva	
2001	Se publica el tercer Informe de evaluación del IPCC. Se adoptan los acuerdos de Bonn siguiendo el Plan de acción de Buenos Aires de 1998. Se adoptan los Acuerdos de Marrakech en la CP 7, que detallan las reglas para poner en práctica el Protocolo de Kyoto.
1997	Se adopta oficialmente el Protocolo de Kyoto en la CP 3 en diciembre.
1996	Se establece la secretaría de la Convención para apoyar las acciones de la Convención.
1995	Se celebra la primera Conferencia de las Partes (CP 1) en Berlín.
1994	Entra en vigor la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.
1992	El Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) adopta el texto de la Convención del clima. En la Cumbre de la Tierra celebrada en Río, la Convención marco sobre el cambio climático (CMNUCC) queda lista para la firma junto con el Convenio sobre la diversidad biológica (CNUDB) y la Convención de lucha contra la desertificación (CNULD).
1991	Se celebra la primera reunión del CIN.
1990	Se publica el primer Informe de evaluación del IPCC. El IPCC y la II "Conferencia mundial sobre el clima" solicitan un tratado mundial sobre el cambio climático. Comienzan las negociaciones de la Asamblea General de las Naciones Unidas en torno a una convención marco.
1988	Se establece el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).
1979	Se celebra la I "Conferencia mundial sobre el clima".

Fuente: United Nations Conference

A lo largo de los últimos siglos, las actividades antrópicas han ejercido un impacto importante en el medio ambiente. Algunos autores incluso denominan al periodo geológico que abarcaría desde el inicio de la era industrial hasta nuestros días como Antropoceno². En esta era, el hombre, por primera vez sería capaz de alterar los procesos fundamentales de la biosfera. Sin duda, se trataría de una era geológica corta en comparación con las anteriores, pero con importantes cambios.

⁽²⁾El nombre fue acuñado por el holandés Paul Crutzen, premio Nobel de química en 1995.

Durante las últimas décadas, la presión antrópica ha alterado la estructura y el funcionamiento de muchos de los ecosistemas del planeta de manera más rápida y generalizada que en ningún otro periodo de la historia. Los cambios en los usos del suelo, sobre todo para satisfacer la cada vez más importante demanda de alimentos y materiales, han provocado conversión de muchas zonas en campos de cultivo. Asimismo, se está produciendo una elevada sobrepesca o una fuerte presión sobre los recursos hídricos del planeta.

	Escenario	2046-2065		2081-2100	
		Promedio	Rango probable	Promedio	Rango probable
Superficie media global Cambio de temperatura (°C)	RCP2.6	1.0	de 0.4 a 1.6	1	de 0.3 a 1.7
	RCP4.5	1.4	de 0.9 a 2.0	1.8	de 1.1 a 2.6
	RCP6.0	1.3	de 0.8 a 1.8	2.2	de 1.4 a 3.1
	RCP8.5	2.0	de 1.4 a 2.6	3.7	de 2.6 a 4.8
	Escenario	Promedio	Rango probable	Promedio	Rango probable
Nivel del mar medio global Subida (m)	RCP2.6	0.24	de 0.17 a 0.32	0.40	de 0.26 a 0.55
	RCP4.5	0.26	de 0.19 a 0.33	0.47	de 0.32 a 0.63
	RCP6.0	0.25	de 0.18 a 0.32	0.48	de 0.33 a 0.63
	RCP8.5	0.30	de 0.22 a 0.38	0.63	de 0.45 a 0.82

Escenarios de proyecciones de aumento de temperatura y aumento del nivel del mar según distintos modelos.
Fuente: Informe Panel de Expertos Cambio Climático. IPCC PNUMA 2013

La pérdida de la biodiversidad como consecuencia y factor de riesgo.

Otro de los factores en el que más incide el cambio global es la pérdida de biodiversidad. Las Naciones Unidas señalan que la tasa actual de extinciones es entre cien y mil veces superior a la tasa de fondo esperable por causas naturales.

Asimismo, la actividad humana ha introducido más de 2.000 especies de plantas en Estados Unidos y Australia, y unas 800 en Europa y se ha registrado la llegada de más de 500 especies exóticas en el mar Mediterráneo, algunas de ellas con un crecimiento agresivo como la *Caulerpa taxifolia*.

En cualquier caso, y en esta situación crítica de incertidumbre, lo que es evidente es que la magnitud e intensidad de producción de ciudad contribuyen a los cambios mundiales del medio ambiente, tanto por el creciente consumo de recursos energéticos y de suelo como por la producción de residuos y emisiones. Y su "huella ecológica" va mucho más allá de los límites de las ciudades.

Las decisiones que se adopten hoy en relación con las fuentes de energía, los sistemas de transporte y la planificación territorial y urbanística tendrán efectos a largo plazo sobre los procesos biofísicos regionales y mundiales que generen el cambio global. La solución de los problemas actuales puede contribuir a mitigar los posteriores efectos de los cambios mundiales del medio ambiente, pero sólo si se consideran explícitamente las interacciones entre los problemas urbanos locales y los procesos regionales y globales.

Por último, hay que recordar que seguramente uno de los principales problemas de la urbanización en el mundo es la extensión de la pobreza y los problemas sociales, económicos y de salubridad que eso conlleva. La preocupación ambiental no puede sustituir a la preocupación por la igualdad social, aunque muchos de sus problemas tengan origen común o sus causas se entremezclen.

Es necesario un nuevo enfoque integral sobre lo urbano, que conlleve una renovación en la manera de pensar y de planificar. Las formas organizativas de las ciudades y sus soluciones de urbanización están en la base del problema.

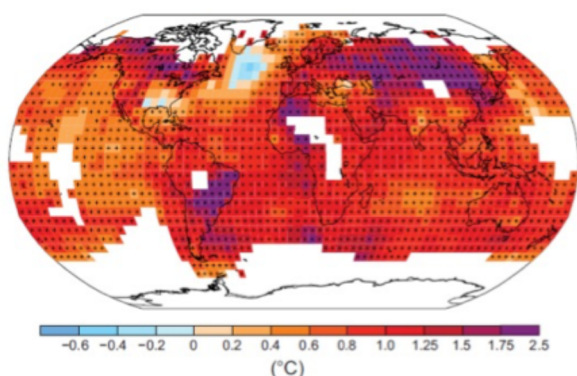
No es el objeto de este módulo del curso evaluar la problemática ambiental y social del planeta, pero la anterior reflexión ha de servir de marco para discutir nuevos modelos de planificación de ciudades, sobre infraestructuras de menos consumo energético y más imbricación en los procesos evolutivos de la propia naturaleza, sobre modelos de gestión más incardinados en las necesidades de las personas, en la igualdad y la equidad social, en el respeto al medioambiente y, en suma, en la sostenibilidad del modelo urbano de desarrollo.

2. Mitigación y adaptación

Como hemos visto, el cambio climático en los foros científicos prácticamente ya no se discute, el último informe del IPCC 2013 lo daba como muy probable, y en cuanto a los valores previstos de los efectos sobre el clima, los menciona como virtualmente ciertos (*from exceptionally unlikely to virtually certain*). El informe menciona que con una seguridad del 95% las actividades humanas son la causa del calentamiento que sufre el planeta desde mediados del siglo pasado. El informe menciona que:

“El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y que muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios: la atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado”.

En los últimos tres decenios, la temperatura de la superficie de la Tierra ha sido mayor que en el anterior, mostrando esta tendencia al alza.



Anomalías en las temperaturas medias de la superficie del océano y terrestre desde 1850 hasta 2012 de tres Fuentes distintas.

Otro hecho demostrado es el aumento de la concentración de CO₂: hemos superado los 400 ppm a nivel atmosférico. Las previsiones de los efectos del cambio climático surgen de numerosos estudios científicos, de proyecciones y de la realización de distintos modelos de comportamiento climático a nivel mundial.

Inicialmente se habló mucho de mitigación, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a medida que se ha ido avanzando en la ciencia del cambio climático, y se ha observado que las emisiones difícilmente se reducían y se ha ido introduciendo el concepto de adaptación. Generalizar sobre medidas de mitigación y adaptación puede tener una cierta complejidad a nivel local, ya que cada situación tiene sus singularidades.

La agricultura es uno de los sectores generadores de gases de efecto invernadero, de hecho, la fabricación de abonos, el hecho de arar la tierra, la ganadería con la producción de metano que generan las reses de ganado, los combus-

Referencia bibliográfica

IPCC (2013): Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al V Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G. K. y otros (eds.)]. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

tibles fósiles que se utilizan para recolectar grandes extensiones. Sobre todo la agricultura intensiva requiere un mayor consumo energético y, por consiguiente, una mayores emisiones de gases de efecto invernadero. La silvicultura es otro de los sectores que contribuye al aumento de gases de efecto invernadero, en este caso la tala de árboles genera emisiones de CO₂ al desforestar los terrenos y al eliminar la vegetación que secuestra CO₂ mediante la fotosíntesis; otro de los sectores emisores de GEI es la producción energética. El mundo se fundamenta principalmente en energías basadas en la combustión de derivados del petróleo, carbón o gas, todos ellos emiten GEI. Lo mismo sucede con el transporte y la industria, que se fundamentan en la quema de combustibles fósiles. Otro sector productor de GEI, sobretodo metano, es la generación y el tratamiento de residuos. Mitigar comporta reducir las emisiones de todos estos procesos y sectores.

En el caso de la mitigación, se trata de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, por consiguiente todo lo que sea mejorar la eficiencia energética de procesos y sectores (transporte, doméstico, industrial), sector primario, contribuye a esa disminución. Mejorar la eficiencia energética de nuestros hogares, reducir el consumo de combustibles fósiles, que afecta claramente al transporte de personas y de materiales, consumir productos locales que reducen por un lado el transporte y por el otro favorecen una agricultura más de proximidad, más adaptada al tipo de clima de cada lugar. Por otro lado, lo verdaderamente difícil es desacoplar el crecimiento económico del consumo de combustibles fósiles, muy pocos países consiguen descarbonizar su economía. Los países que apuestan claramente hacia una transición energética descarbonizada consiguen reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, por ejemplo Alemania o Dinamarca, que han apostado en la última década de manera muy clara por la implementación de energías renovables, han conseguido que estas fuentes de energía ganen peso en su mix energético. El 39% de la electricidad consumida en Dinamarca fue generada mediante energía eólica el año 2014.

El cambio debe ser drástico, pasar de un modelo fundamentado en los combustibles fósiles a un modelo de mayor eficiencia, que no solamente se base en consumir y crecer, sino que apueste claramente por las energías renovables. La mitigación sigue siendo fundamental, pero cómo realizar esta transición, este cambio de modelo está siendo mucho más lento de lo que debería, los países y las ciudades están incorporando en su agenda estrategias de adaptación a los posibles efectos de cambio climático.

La adaptación consiste en preparar, desde las distintas escalas, a las ciudades o territorios frente a los posibles efectos del cambio climático. Por consiguiente, deben territorializarse los posibles efectos del cambio climático; no va a tener los mismos impactos una ciudad costera situada en una isla del Pacífico que una ciudad situada en la costa del Mediterráneo.

Muchas ciudades están redactando o trabajando en planes de adaptación. Básicamente se trabajan aspectos que tienen relación con el aumento de temperaturas, olas de calor, el efecto isla de calor, o posibles problemas con el ciclo del agua, escasez, sequías extremas o aguaceros repentinos. Las ciudades costeras deben también considerar el posible impacto sobre el nivel del mar y cómo puede afectar a las infraestructuras portuarias, a las playas a las poblaciones costeras, a la dinámica sedimentaria e incluso al turismo.

Quizá los planes de adaptación con mayor reconocimiento son los tres siguientes:

1) A Stronger and more Resilient NYC

Nueva York ha realizado numerosos estudios, muchos en el marco de fortalecer la ciudad frente a posibles riesgos provocados por el cambio climático, sobre todo después del episodio del Sandy, en el que tanto los ciudadanos como las autoridades tomaron conciencia de los efectos que podían sufrir frente a subidas del nivel del mar, situaciones meteorológicas extremas como fue el caso del huracán. Se han centrado en aspectos como la inundabilidad, la protección de la costa, efectos sobre la red de transporte, sobre las infraestructuras de servicios (energía, gas, combustibles fósiles, ICT), efectos sobre la red de abastecimiento de agua y sobre las aguas residuales entre otros aspectos. El análisis que hay que generar se basa en la detección mediante modelos de posibles zonas afectadas, y en analizar también qué elementos fallaron al paso del huracán, para detectar qué déficits o procesos no funcionaron y ver cómo pueden mejorar la resiliencia de la ciudad.

2) Adaptation plan de Copenhagen

Copenhague es seguramente el caso más reconocido en Europa, por un lado porque la apuesta danesa por un cambio de modelo en cuanto a la producción de energía es reconocido a nivel mundial. Han hecho una clara apuesta por utilizar energías renovables y recursos locales, en este caso la eólica, entre otras fuentes energéticas para hacer una transición hacia una ciudad y un país menos dependiente de combustibles fósiles y una ciudad que reduzca de manera ostensible su contribución a las emisiones de GEI. Copenhague, por su proximidad costera, también ha realizado propuestas basadas en el ciclo del agua y la previsión de posibles inundaciones; básicamente se analiza el sistema de drenaje urbano para distintos períodos de retorno de lluvia.



Inundabilidad analizada para un período de retorno de 100 años sobre el sistema de drenaje urbano de la ciudad de Copenhague

La subida del nivel del mar, al tratarse de zonas relativamente llanas, con mares muy poco profundos, otro de los aspectos considerados en el Plan de Copenhague es la subida del nivel del mar. Analiza cómo podría verse afectada la ciudad y qué zonas podrían llegar a sufrir más daños.



Análisis de la subida del nivel del mar en Copenhague

3) Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy

La estrategia de cambio climático de la ciudad de Rotterdam define cómo la ciudad deberá adaptarse a los efectos del cambio climático y analiza las principales consecuencias sobre distintos ámbitos de la ciudad. El principal objetivo de la estrategia es anticiparse, conocer los posibles efectos, y tomar decisiones para reducir los posibles impactos sobre los ciudadanos y sobre las generaciones futuras. Uno de los enfoques más pragmáticos es que la estrategia plantea también es utilizar las decisiones que deben tomarse como una oportunidad para mejorar determinados aspectos, fortaleciendo así su economía, la mejora del medio ambiente, la mejora de los sistemas naturales y hacer de todo ello participe a la sociedad. De hecho, se puede decir que Rotterdam ha conseguido en buena parte su propósito, ya que es considerada una ciudad referente en aspectos de adaptación al cambio climático, y ya exporta su modelo, o al menos es uno de los referentes.

La estrategia de implementación de Rotterdam plantea cuatro grandes bloques:

- el desarrollo del talento,
- la fuerza de un ciudadano y la sociedad,
- una ciudad atractiva y

- una economía fuerte.

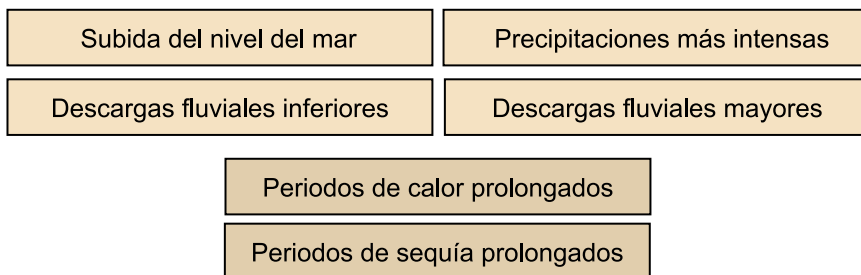
Rotterdam tiene como objetivo ser una ciudad 100% adaptada al cambio para el 2025. Esto implica que para el año 2025 ya se habrán tomado medidas en Rotterdam para asegurarse de que cada área específica sufra los menores impactos posibles y, a su vez, obtenga el máximo de beneficios de tomar las medidas oportunas frente a las principales amenazas del cambio climático.

En Rotterdam, el plan se enmarca en la Rotterdam Climate Initiative. Rotterdam como ciudad-puerto costera trabaja en su estrategia distintos temas como:

- Aumento del nivel del mar.
- Casos de lluvia extrema.
- Episodios de sequía.
- Episodios de altas temperaturas.
- Episodios de inundabilidad.

Rotterdam trata estos casos con una singularidad territorial, y es que analiza los posibles efectos del cambio climático para las zonas situadas fuera de los diques de protección y las zonas dentro de los diques. Este es un hecho muy singular y que seguramente se da en otros lugares con situaciones similares de relación con el mar.

Las consecuencias del cambio climático que afectarán a Rotterdam:



Efectos del cambio climático previsible para la ciudad de Rotterdam
Fuente: Rotterdam Climate Change Adaption Strategy, 2013



Centro de Rotterdam,
inundación en 2015

Centro de Rotterdam,
inundación en 2100
(A+ escenario climático con una
frecuencia de 1 x 1000 años)

Variación de las zonas inundables en Rotterdam para el año 2015 y para el 2100. Se observa el aumento de zonas inundables

Quizá el ejemplo más conocido es el diseño de una plaza que está pensada para inundarse, por lo tanto es un espacio multifuncional que permite actuar como cancha deportiva, pero en caso de episodio de lluvia extrema sirve de espacio de laminación de las posibles inundaciones, se llama de Water Square.



Rotterdam Water Square. Plaza pública preparada para inundarse

3. Resiliencia urbana

El concepto de resiliencia ecológica nos llega de Crawford Stanley (Buzz) Holling que, en 1973, en su artículo "Resilience and Stability of Ecological Systems", la definió como la capacidad de un determinado sistema ecológico de absorber alteraciones en sus parámetros y variables y persistir con sus dinámicas.

Holling pretendía explicar la capacidad de que los sistemas ecológicos deben adaptarse y absorber acontecimientos externos, manteniendo sus estructuras y funciones. En pocas palabras, define la elasticidad de un sistema. Una reducción del número de individuos de una determinada especie no significa obligatoriamente el fin del sistema ecológico. Esta variación puede ser compensada por la alteración en otros elementos que generan un nuevo equilibrio manteniendo la misma estructura del sistema.

Más recientemente, en 2007, el IPCC ha definido el concepto como "la capacidad de un sistema social o ecológico en absorber perturbaciones mientras mantiene las mismas estructuras básicas, formas de funcionamiento, autoorganización y capacidad para adaptarse y cambiar".

Basándose en estas dos definiciones, podemos resumir la resiliencia como la reserva adaptativa intrínseca a un sistema ante desastres o cambios estructurales. ¿Qué permite a una ciudad recuperarse después de un desastre? ¿Qué elementos son estratégicos? ¿Cuál es el umbral máximo de un determinado sistema urbano? Estas son las preguntas centrales del estudio de la resiliencia urbana.

En un futuro cada vez más imprevisible, de cambios constantes y amenazas globales con un mundo más conectado y por ello también más frágil, el concepto de resiliencia nos puede servir. Saber encontrar los mecanismos que permitan conservar los elementos más estratégicos de los sistemas vitales en la renovación necesaria es lo que se pretende con el estudio de resiliencia.

Por otra parte, el concepto *resilience* se diferencia de otras estrategias preventivas, fundamentalmente porque se centra en la creación de una reserva potencial de adaptación a eventos desconocidos. La diferencia principal es su enfoque hacia un futuro más incierto y con más volatilidad. Pequeñas variaciones en elementos conocidos pueden provocar graves consecuencias en otros siste-

Referencia bibliográfica

Holling, C. S. (1973) Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 4, p. 1-23.

Referencia bibliográfica

Parry, M. L.; Canziani, O. F; Palutikof, J. P. y otros (eds) (2007). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. enlace: <http://ipcc.ch/report/ar4/wg2/>

mas que no hemos podido prever. Así, estrategias de prevención o de análisis de riesgo pueden ser inadecuadas para situaciones de mayor inestabilidad y volatilidad.

El concepto de resiliente es una combinación de varios conceptos y principios. Un principio básico de la teoría es la dependencia de los sistemas ecológico-sociales. Esta idea defiende el vínculo indisociable y recíproco entre el sistema ecológico y los sistemas humanos. Esta reciprocidad parece entrar en contradicción con el modelo actual de consumo, con grandes consumos energéticos y, en muchos casos, contrarios a los ciclos ecológicos. Al recordar la interdependencia entre los procesos ecológicos y las dinámicas urbanas, la teoría entiende que cualquier alteración en los sistemas ecológicos tendrá consecuencias de diferentes amplitudes en los sistemas sociales. El cambio climático es representativo de este principio. Actualmente existe un amplio consenso sobre las graves consecuencias sociales que puede implicar el calentamiento del planeta. Parece evidente que los impactos que causamos hoy al ambiente repercutirán más adelante en nosotros mismos o incluso perdurarán en el tiempo afectando a generaciones futuras.

Otra premisa del pensamiento resiliente es establecer umbrales en los sistemas. Hay que entender que cada sistema está sometido a límites que, superados, suponen la transformación irreversible de su organización y estructuras. Calcular estos umbrales es una operación difícil y siempre conlleva un margen de error elevado. Tanto por el amplio abanico de riesgos como por las rápidas dinámicas de los sistemas, hace cuestionable establecer límites fijos. Sin embargo, no podemos recusar la idea de la existencia de un límite máximo tolerable para un individuo, población o metapoblación. De este modo, entender los límites como probabilidades y como tendencias parece ser una aproximación más factible y posiblemente más útil.

Otro factor presente en una aproximación resiliente es el factor tiempo. En 2001, CS Holling, en su artículo "Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems", introduce la noción de ciclo adaptativo. Los teóricos entienden que los sistemas se someten a ciclos adaptativos. La observación de varios sistemas ecológicos les ha llevado a concluir que todos los sistemas se transforman según tres propiedades:

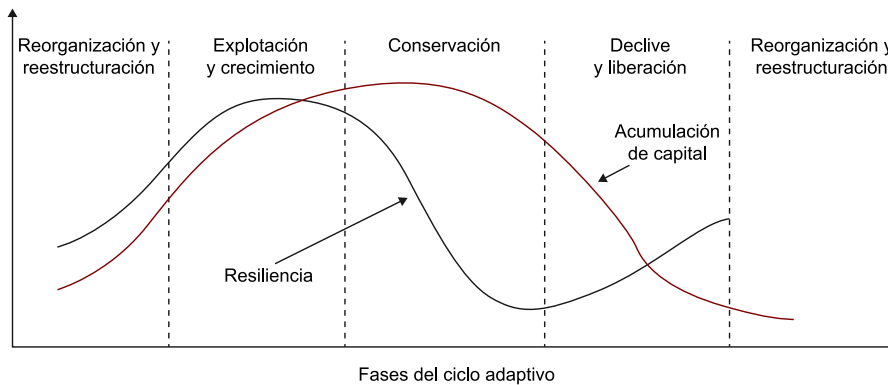
- **Potencial de cambio.** Por potencial se entiende el número de opciones futuras de un sistema, también entendido como *riqueza* de un sistema
- **Capacidad de control interno del sistema.** Significa el grado de conectividad entre las variables de control del propio sistema, en la medida que refleja la flexibilidad o rigidez de estos controles. Es, por otra parte, su sensibilidad o no a las perturbaciones

Referencia bibliográfica

Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystem*, vol. 4, p. 390-405.

- **Capacidad adaptativa.** Mide la vulnerabilidad del sistema a choques inesperados

La figura siguiente muestra las variaciones teóricas de la resiliencia de un determinado sistema en función del tiempo.



Ciclo Adaptativo.
Fuente: S. Dawley y otros (2010).

El gráfico indica que la resiliencia tiene su pico máximo antes del punto más alto de productividad del sistema. La caída abrupta de resiliencia produce una incapacidad de adaptación a las alteraciones, que induce a una incapacidad del sistema para mantener la misma productividad. Con una reducción de la productividad global del sistema, pueden pasar dos situaciones:

- La resiliencia conservada por el sistema es suficiente para permitir la adaptación al nuevo paradigma como restablecimiento de las mismas estructuras y del propio equilibrio antes de la alteración.
- El sistema es incapaz de adaptarse y no resiste, degenerando por otros modelos o incluso para su fin.

El análisis del ciclo adaptativo ilustra la paradoja de la resiliencia, que indica que cuanto mayor es la eficiencia de un determinado sistema, menor es su resiliencia.

3.1. Retos futuros

A pesar de los beneficios que este modelo puede comportar para las estrategias urbanas futuras, no está libre de críticas. La primera se debe a una alteración de la dirección en el enfoque de las políticas para combatir las alteraciones climáticas. Adoptar este modelo, así como otros de mitigación, minimización, prevención o adaptación, es en el fondo asumir la inevitabilidad del cambio climático. Esta aproximación confirma, desde los más altos cargos oficiales, que el proceso de alteraciones climáticas es imparable y que la falta de acuerdos globales para una reducción de GEI hace de este tipo de metodologías posiblemente las más correctas para mitigar un futuro inevitable y demasiado

cercano para un nuevo intento. La pasada Cumbre de Doha de 2012 parece ser pragmática en este sentido. En lugar de recuperar el aliento y esperanza con acuerdos concretos y alargados, ha resultado frustrante y desolador, confirmando las peores expectativas y, al fin y al cabo, justificando el enfoque amortiguador de las nuevas políticas para el cambio climático.

Por otra parte, el propio concepto de resiliencia parece sugerir el mantenimiento del actual paradigma, independiente de su naturaleza. Al defender la recuperación de las mismas estructuras y dinámicas, invoca a la adaptación como mecanismo meramente de transformación temporal y no como cambio real y corrección del paradigma. Los problemas que ahora debemos afrontar son el resultado de la manutención del estatus de un modelo que, a lo largo del tiempo, ha producido desigualdades y desajustes en varios subsistemas. La magnitud de los problemas actuales requiere no solo de una adaptación, sino simultáneamente de un cambio real en el patrón de valores y de consumo por un modelo más concordante con los ciclos ecológicos.

Por último, a este tipo de metodología le falta un mecanismo de evaluación claro. Hasta ahora no se ha encontrado una metodología eficaz para una medición y evaluación de los procesos resilientes. Su carácter transversal provoca una dificultad acreditada a la hora de cuantificar los factores.

Hay una gran variedad de indicadores relacionados con la resiliencia urbana, a menudo tratada también como riesgo o vulnerabilidad. Los indicadores se pueden agrupar en los cuatro vectores que surgen de la Resilience Alliance (2007), que son dinámicas sociales, flujos metabólicos, medioambiente construido y redes de gobernación. Estos cuatro vectores son interdependientes y eso hace que muchos indicadores puedan corresponder a más de un vector. De estas interacciones, surgen tres categorías: herramientas de gestión de la crisis, características de la situación e infraestructuras críticas.

Más allá de la transversalidad, su transposición en el territorio requiere de una nueva metodología que pueda evaluar eficazmente sus resultados. En este sentido, este cuadro teórico necesita una maduración y resolver algunos problemas para la implementación en políticas territoriales y estratégicas.

3.2. Planificar la resiliencia

No hay un método para planificar ciudades resilientes. Son las propias ciudades y sus comunidades e instituciones las que deben hacer un proceso de aproximación. Vauban, en Freiburg (Alemania), ha adoptado el Learning by Planning, un aprendizaje dentro de la propia experiencia de planificación a partir de determinados objetivos. En la planificación actual, ya existen figuras como la participación ciudadana o foros, pero mayoritariamente son realizados cuando el plan ya está finalizado o solo incorporan algunas medidas propuestas en los espacios, no alterando prácticamente los proyectos, con la

intención de legitimar el proceso. El éxito de Vauban fue la implicación de la comunidad, que ha dado la posibilidad de un espacio de reflexión y concertación de estrategias.

Planificar la resiliencia es como planificar lo implanificable. La planificación actual se basa en tendencias, en indicadores, en resultados. Una aproximación resiliente prefiere soluciones integradoras, equipos multidisciplinares, medidas más difíciles de medir por sus diferentes vertientes. No se pueden prever todos los cambios, lo que se puede hacer es mantener un valor mínimo de resiliencia para que el sistema pueda tener límites críticos suficientemente largos para posibles cambios futuros.

La diversidad es la fuerza motriz de la resiliencia. Una ciudad con alternativas es una ciudad más preparada para el fin del petróleo por eventos extremos, por desastres, o incluso por guerras. Diversificar las fuentes de energía, estructuras económicas, proteger la biodiversidad y conservar las unidades paisajísticas es mantener varias opciones de futuros en el territorio.

La resiliencia trabaja y promueve los ciclos naturales. Los sistemas ecológicos necesitan cambios. Los incendios significan evidentemente el fin de muchos individuos, pero casi nunca de la especie, y son una oportunidad para un nuevo ciclo y para otras formas de desarrollo. No podemos evitar los cambios, debemos tener una capacidad mínima para podernos adaptar.

Un territorio resiliente valoriza la capacidad de aprendizaje, experimentación e innovación. La creatividad tiene un papel importante en la construcción de una ciudad más resiliente. Las aportaciones de equipos multidisciplinares pueden aportar nuevas soluciones.

Una ciudad que promueve el cambio es una ciudad más acostumbrada a adaptarse. Los mecanismos de adaptación están más activos y este proceso se hace de manera más natural y más rápida.

Incorporar los servicios de los sistemas ecológicos para las poblaciones en la economía actual nos puede ayudar a entender el valor de estos sistemas. Establecer conexiones entre los sistemas ecológicos y los sistemas sociales es fundamental para que se pueda entender las implicaciones que una determinada acción puede tener en los diferentes sistemas.

Cada ciudad deberá caminar su propio camino, inventarse a sí misma para adaptarse a un futuro más incierto. Barcelona deberá definir su estrategia, preguntarse cómo se le pregunta a un niño "¿qué ciudad quiere ser de mayor?". Y de acuerdo con su territorio y sus recursos, diseñar objetivos a largo plazo. Posiblemente ya estaremos muy cerca de los umbrales críticos, pero los momentos de cambios son también momentos importantes en un contexto glo-

bal. Así, es conveniente una rápida actuación y la creación de redes de cooperación para que podamos aprender con los demás, es útil para un mundo más resiliente.

La ciudad es una de las mayores invenciones del hombre, pero no son independientes de los sistemas ecológicos. Una ciudad más resiliente no es ni una ciudad más resistente ni más flexible, es una ciudad que defiende sus valores e identidad, pero que acepta e incentiva el cambio como modelo de desarrollo y de oportunidades.

4. Gestión inteligente al servicio de la sostenibilidad de las ciudades

La inteligencia de las ciudades aplicada a la sostenibilidad hace referencia a la aplicación de tecnología para la obtención de datos y la toma de decisiones.

Ya hace muchos años que hay elementos del contexto urbano monitorizados o que hay mecanismos de automatización, el semáforo y la regulación del tráfico son un ejemplo de ello. De hecho, un símil sería pasar de la domótica doméstica a la domótica urbana, con el consiguiente salto escalar y de complejidad.

Un ejemplo de la monitorización de las ciudades son las casetas de control de calidad del aire, muchas ciudades europeas disponen de analizadores de distintos componentes de la calidad del aire como los óxidos de nitrógeno, las partículas en suspensión, los óxidos de azufre, el ozono entre otros; hace más de 20 años que se recogen datos de este tipo, pero el fenómeno de las ciudades inteligentes se produce con el crecimiento y la penetración de la utilización de las nuevas tecnologías. Hoy en día esos datos se pueden consultar *on line*, suelen ser mucho más accesibles de lo que lo eran hace 20 años, e incluso suelen ponerse en una web o en una app para móviles. La portabilidad, las redes sociales y la gestión de datos han facilitado un cambio en el modelo en la gestión y difusión de los datos.

Pero tener los datos no es la panacea. Si uno puede medir que su ciudad constantemente padece un problema de calidad del aire, debe actuar en consecuencia y plantear medidas para revertir esa mala calidad del ambiente atmosférico que repercute en la salud de las personas. Pero es más fácil medir y publicar un dato que no aplicar las políticas y crear los instrumentos y mecanismos que te permitan reducir la contaminación atmosférica. La calidad del aire en las ciudades depende de diversos factores (sector transporte, sector doméstico, sector industrial), el tráfico rodado suele ser uno de los máximos contribuyentes a la contaminación atmosférica de óxidos de nitrógeno y de partículas inferiores a 10 micras. Ese tipo de contaminación la solemos llamar contaminación difusa, ya que no proviene de un único foco emisor, de una única chimenea o una única industria, sino que es fruto del resultado de la movilidad de la ciudad, vehículo privado, motos, vehículos de carga y descarga, transporte público rodado, camiones, y vehículos pesados, cada uno tomando decisiones individuales sobre la movilidad y cada uno de ellos emitiendo gases contaminantes en función del tipo de vehículo, de combustible y del tipo de conducción. Hace muchos años que las ciudades miden los problemas de calidad del aire, y muchas ciudades como París, Londres, Ciudad de México implementan distinto tipo de medidas para paliar esos problemas, pero no con mucho éxito, ya que atajar la contaminación difusa, la provocada por miles de decisiones individuales por muchos datos que tengas, no es una tarea sencilla. Eso no quiere decir que tener sensores y analizadores no sea útil, disponer de ese tipo de información nos permite poder avisar a la gente con problemas respiratorios o

grupos sensibles a la contaminación. Tener información nos debería permitir tomar decisiones más acertadas, poder anticiparnos ante ciertos fenómenos, poder actuar, tomar decisiones, ser más eficientes.

Otros ejemplos claros de mejora de la eficiencia pueden ser los sensores de aparcamiento o los sensores en los contenedores. En el primer caso, saber las plazas disponibles de aparcamiento, poderlas visualizar y conocerlas con antelación nos permite un ahorro de tiempo, de energía y nos ahorra también emisiones contaminantes, en lugar de tener que estar dando vueltas buscando una plaza para poder aparcar el vehículo, podrías ir directamente a la plaza que esté libre ahorrándote de ese modo un montón de externalidades que repercuten sobre la calidad ambiental del espacio urbano. De hecho, es la traslación una vez más de tecnología existente que se utiliza en parkings soterrados, los llamados parkings inteligentes, que disponen de algún tipo de mecanismo que te avisa de las plazas libres por planta y a la vez te indica el estado de cada plaza, de este modo es más eficiente. Vemos que se trata de mecanismos que ya se utilizan, pero adaptados al espacio público, lo que normalmente requiere una mayor complejidad que un espacio más delimitado y acotado.

El caso de los contenedores es parecido, el sensor del contenedor avisa cuando este está lleno y, de este modo, se puede planificar mejor la ruta, se consigue una mayor eficiencia, recoger el contenedor que verdaderamente está más lleno y lo necesita, planificar mejor la ruta de la recogida de residuos, reducir los costes de combustible y reducir las externalidades (ruido y emisiones de contaminantes).

Imaginaros si ya es complejo medir qué le sucede a una casa, iluminación, a los sensores de humo, de inundación, de temperatura, de humedad, consumos energéticos, consumo de agua, sensores de iluminación, tener datos de lo que pasa en una ciudad tráfico, residuos, agua, energía, calidad del aire (contaminación atmosférica, ruido) ciudadanos y cada uno de estos paquetes puede tener decenas de parámetros o incluso más. Recibimos los datos pero quién los analiza, quién los cruza, porque puede haber interrelaciones entre ellos o entre los distintos niveles de información

¿El Big Data o el Big Brother de Orwell? En beneficio del bien común, o para ayudar a los ciudadanos, la revolución de las ciudades inteligentes también puede producirse al penetrar en los hogares los *smartphones* y las TIC, pero debemos ser conscientes de que no están al alcance de todo el mundo, ya sea por poder económico o porque no todo el mundo es amante y usuario de tecnología, en ese momento es cuando hablamos del GAP tecnológico, por consiguiente debemos ser conscientes de que hoy por hoy no llega a todo el mundo, si damos avisos sobre contaminación del aire, o sobre alergias o sobre olas de calor etc. Hay que utilizar múltiples canales y no solo confiar en el más tecnológico, ya que no todo el mundo es usuario de estas tecnologías. Como dice Manu Fernandez:

“El papel de los gobiernos locales es clave en esta cuestión, pero tiene más que ver con asumir un rol como facilitador que como único impulsor y desarrollador. Por supuesto, hay espacios de actuación relacionados con las *smart cities* en los que la Administración asume necesariamente un papel activo y líder, especialmente en el desarrollo de infraestructuras (de movilidad, de conectividad, de interoperabilidad, de información ciudadana,...), pero ni las ciudades inteligentes se limitan a estos desarrollos y ni siquiera en estos desarrollos los poderes públicos serían los únicos actores”.

La magia de las ciudades y del espacio urbanizado radica precisamente en su imprevisibilidad, la diversidad cultural, de maneras de hacer y de pensar y la constante evolución y adaptación, las hace enormemente interesantes y a su

Referencia bibliográfica

Fernandez, M. (2015, 19 de enero). *Una Smart City sin Magia*. La Ciudad Viva: <http://www.laciudadviva.org/blogs/?p=27271>

vez impredecibles. La sociedad, hoy por hoy, sigue sorprendiéndonos y, en buena parte, muchas veces utilizan la tecnología de una manera adaptada, nueva, a veces incluso no como estaba previsto, ahí precisamente es donde reside la verdadera inteligencia de las ciudades en su *pool* social y en cómo se organiza la sociedad civil. Muchas veces en la imperfección de las ciudades reside parte de su belleza, su identidad y su riqueza como entorno urbano.

La tecnología no lo puede todo, no es omnipotente, no puede resolverlo todo y no puede dar respuesta a todo, sí que puede facilitar ciertas cosas y hacer más eficiente procesos, dar información más precisa y en un tiempo más inmediato, eso nos puede facilitar la toma de decisiones. Las ciudades, debido al peso de la sociedad que las habita, son complejas e impredecibles, la tecnología puede aplicarse de manera *top-down* mediante proyectos liderados por la administración y realizados por grandes empresas, pero los usuarios requieren, sin lugar a duda, aplicaciones pensadas *bottom-up*, en las que la implicación y el provecho sea claramente muy directo para los usuarios y ciudadanos.

Las ciudades inteligentes tienen recorrido, la tecnología puede aplicarse para hacer más eficiente el metabolismo urbano, para medir los flujos y ver dónde puede utilizarse de mejor manera los recursos. Tener sistemas inteligentes de iluminación permite ahorrar energía, reducir emisiones de CO₂. Implementar sistemas de riego telecontrolados que permiten regar cuando es más necesario para la vegetación, y a su vez ahorra agua, no regar cuando hace poco que ha llovido, por consiguiente ser más eficientes en el ciclo del agua a nivel de ciudad. Disponer de datos de movilidad en tiempo real y de las plazas de parking disponibles ya hemos mencionado que puede contribuir a reducir emisiones de gases contaminantes, reducir ruido y emisiones de CO₂ y ser un ahorro de tiempo para los ciudadanos y ayudar a reducir la movilidad.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

Fernandez, M. (2015, 19 de enero). *Una Smart City sin Magia*. La Ciudad Viva: <http://www.laciudadviva.org/blogs/?p=27271>

Holling, C.S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 4, p. 1-23.

Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystem*, vol. 4, p. 390-405.

IPCC (2013). Glosario [**Planton, S.** (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al V Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [**Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G. K.** y otros (eds.)]. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

Lomborg, B. (2005). *El ecologista escéptico*. Espasa-Calpe.

Parry, M. L.; Canziani, O. F; Palutikof, J. P. y otros (eds) (2007). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. enlace: <http://ipcc.ch/report/ar4/wg2/>

Stern, N. y otros (2006). Stern Review on the Economics of Climate Change. *HM Treasury, London*. Enlace en castellano: <http://www.catedracambioclimatico.uji.es/docs/informestern.pdf>

