

Tecnología de Homeostasis para enfrentar Cambio Climático

Lucio Cañete Arratia, Andrés Soto Pereira, Carlos Álvarez González,
Francisco Castro Fredes, Luis Sáez Tonacca, Carolina Marchant Dinten
Universidad de Santiago de Chile

Resumen

Sin importar si el Cambio Climático mostrará sus nítidos efectos en las próximas décadas o siglos, lo cierto es que la Humanidad deberá enfrentarlo. Tal enfrentamiento tiene una Vía Origen que persigue disminuir la magnitud del cambio, debiendo para ello actuar sobre causas antropogénicas, muchas de las cuales poseen una inercia que dificulta el retorno de ciertas variables ambientales a valores deseados. Respecto a atacar las causas naturales, los resultados esperados por esta vía tampoco son optimistas pues muchas de ellas tienen su génesis en fenómenos astronómicos, los cuales son de difícil control. Sin embargo, existe la Vía Homeostática que consiste en modificar los sistemas productivos para que éstos sean los que se acoplen a los nuevos escenarios generados por el Cambio Climático. Esta última vía tiene tres áreas de desarrollo complementarias entre sí: Posibilismo, Biotecnología y TIC. El Posibilismo es una doctrina geográfica establecida por historiadores y geógrafos franceses a principios del siglo pasado, la cual afirma que el Hombre gracias a sus conocimientos científicos y empeño, puede triunfar sobre entornos adversos, siendo poco relevante el tamaño de la adversidad. Los posibilistas citan como ejemplo los cultivos en desiertos, los centros urbanos al norte de círculo polar Ártico y los viajes tripulados a la Luna entre otros logros. En cuanto al Cambio Climático, los posibilistas argumentan que no es el primero ni más severo que enfrenta la Humanidad, mostrando evidencias de otros cambios globales donde la especie humana ha salido airosa. La Biotecnología por su parte está haciendo su aporte a través de modificaciones genéticas en plantas y animales para que ellos prosperen en rangos más amplios de temperatura, salinidad y humedad entre otras variables ambientales. Esta mayor tolerancia no sólo permite resistir en forma más fuerte alteraciones del entorno en un mismo lugar; sino además permite ampliar la frontera altitudinal y longitudinal de la producción silvoagropecuaria. Finalmente la TIC contribuye disponiendo sensores aéreos, terrestres y marítimos para levantar variables físicas químicas y biológicas; reportando su comportamiento *wireless* a los centros decisionales para que éstos actúen ante fenómenos que, sin estos datos, serían de difícil seguimiento. Según lo demuestran simulaciones gráficas, la integración de estas tres áreas de desarrollo permite un mejor rendimiento de los sistemas productivos. De hecho tal integración permite amortiguar los efectos netos negativos del Cambio Climático y de potenciar los positivos. En efecto, considerando que el Cambio Climático dejará perdedores y ganadores; la Vía Homeostática permitirá disminuir los primeros y aumentar los segundos. Al respecto, el presente estudio está identificando algunos ganadores, entre los cuales se cuenta a la región de Magallanes y Antártica Chilena. En esta parte austral de Sudamérica el retroceso de glaciares y modificaciones en la pluviosidad entre otras alteraciones ambientales, serán una oportunidad para que la Vía Homeostática opere en beneficio de los sistemas de producción.

Palabras clave: Homeostásis, Cambio Climático, Posibilismo, Biotecnología, TI

1.- Introducción

Suele llamar la atención la creciente preocupación por el Cambio Climático, muchas veces catalogada como esnobismo científico (Du Puy de Clinchamps, 1969). Una causa de este retardo en Chile puede atribuirse a que desde la década de los 80', muchos científicos dedicados a los grandes fenómenos ambientales estuvieron distraídos al respecto, concentrándose en estudiar la variación de un componente de la atmósfera: la capa de ozono.

Otro asunto que pudo retardar la preocupación por el Cambio Climático es la ausencia de una visión amplia y bidireccional sobre el eje del tiempo y de los fenómenos que en él ocurren (Acuña *et al*, 1990). Ahora que recientemente se conmemoraron 200 años de vida independiente, la importancia del pasado, del futuro y de las conexiones de uno hacia el otro segmento del tiempo, han tomado relevancia en la sociedad chilena.

Así en la actualidad, la comunidad científica chilena forma parte del consenso mundial respecto al Cambio Climático como un hecho cierto y sobre las implicancias actuales y potenciales de éste sobre la Humanidad. Aún cuando el debate persiste entorno a la contribución que el Hombre hace a dicha alteración ambiental a través de la liberación de gases invernadero y deforestación; hay coincidencia entre los científicos en que los cambios venideros en el clima afectarán la distribución espacio-temporal de la escasez.

En efecto, a modo de ejemplo en algún futuro los nuevos gradientes de presiones atmosféricas pueden cambiar los vientos y con ello las fuentes eólicas de energía. Los nuevos balances hídricos a nivel de suelo pueden alterar los cultivos tradicionales. También las menores precipitaciones y mayores temperaturas pueden acortar la temporada de deportes de invierno afectando a esta industria del ocio. Estas variaciones climáticas pueden motivar migraciones de especies animales provocando trastornos en los ecosistemas de destino.

Para enfrentar estos cambios se proponen dos vías las cuales no son excluyentes entre sí. La primera es la denominada Origen y tal como su nombre lo sugiere, ataca las causas del Cambio Climático, de tal forma que la magnitud de las alteraciones negativas sea la menor posible. La otra vía es la Homeostática (Gunter *et al*, 1980), la cual se dedica a ajustar los sistemas de actividad humana para que éstos sean los que se acoplen a los nuevos escenarios, sin mucho importar la magnitud de las alteraciones ambientales (Robert, 2006). Esta última vía es la que se aborda en el presente trabajo, estableciéndose como objetivo la identificación de los ajustes en los sistemas de actividad humana para encarar nuevos escenarios climáticos.

Debido a la escasez de datos, el trabajo que ahora se presenta se refiere principalmente a la ciudad de Santiago de Chile para finales del Siglo XXI. Se ha seleccionado a esta ciudad porque aparte de ser una metrópolis donde habita más de la tercera parte del país; es una capital polifuncional que alberga actividades de transporte, comerciales, financieras, administrativas y turísticas entre otras. En tal sentido, cualquier perturbación como la ocurrida a raíz del terremoto del 27 de febrero del año pasado, puede afectar el normal desempeño no solo de la ciudad misma, sino además de todo Chile. Por lo tanto, la preocupación respecto a los efectos del Cambio Climático en dicha urbe y las medidas para encararlo son perfectamente pertinentes.

Se ha empleado el fin de Siglo XXI como momento de interés y no antes pues desde tal fecha es probable sentir con notoriedad los efectos del Cambio Climático (Krellember *et al*, 2010).

No se ha estudiado los efectos con posterioridad a dicha fecha pues los pronósticos para momentos posteriores pierden confiabilidad (Robert, 2006).

2.- Las Evidencias del Cambio Climático

Las evidencias científicas indican que toda la Tierra se está calentando y la cartografía donde se modela las proyecciones de variaciones térmicas muestran a la ciudad de Santiago en una zona donde no la excluyen de esta tendencia planetaria (IPCC, 2007). Es decir, no tan sólo se puede afirmar que el clima de la capital de Chile está cambiando; sino además se puede establecer el sentido de dicho cambio: más calor.

Las dudas son respecto a la magnitud de dichos cambio: ¿0,2 °C por década? ¿0,6 °C por década? Una respuesta certera a esta pregunta constituye todo un atrevimiento científico por cuanto los pronósticos están asociados a probabilidades de magnitudes de amplio rango y aún cuando se afirma que a finales del presente siglo la temperatura aumentará entre 3 °C y 4 °C, ésta es sólo una estimación deducida en base a muy pocos datos.

En efecto, para proyectarse hacia el futuro se debe comprender el presente y conocer el pasado; y en esto último están las deficiencias: el conocimiento del espacio pretérito que hoy ocupa Santiago es escaso. Es como tratar de imaginar el contenido de los capítulos de un cuento habiendo leído solo algunos capítulos precedentes. Lamentablemente no se tiene un cuadro completo, sólo varias salpicaduras de él. Sin embargo, los avances recientes en estudios del paleoclima, propiciados en gran parte por nuevo financiamiento privado y público, permiten llenar muchos vacíos.

El llenado de estos vacíos pronostica la variación de otra variable ambiental: la precipitación. En cuanto a ella, se puede estimar que para finales del Siglo XXI, habrá disminuido la pluviometría anual en un 40%.

Considerando estos pronósticos desde fuentes secundarias, tanto la situación actual como futura se muestra en las Figuras 1 y 2.

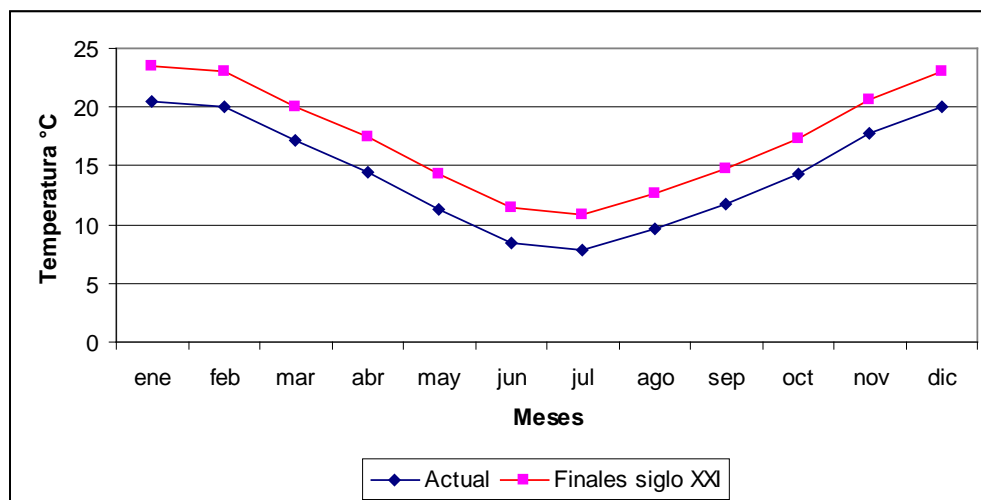


Figura 1: Temperatura media mensual en Santiago de Chile

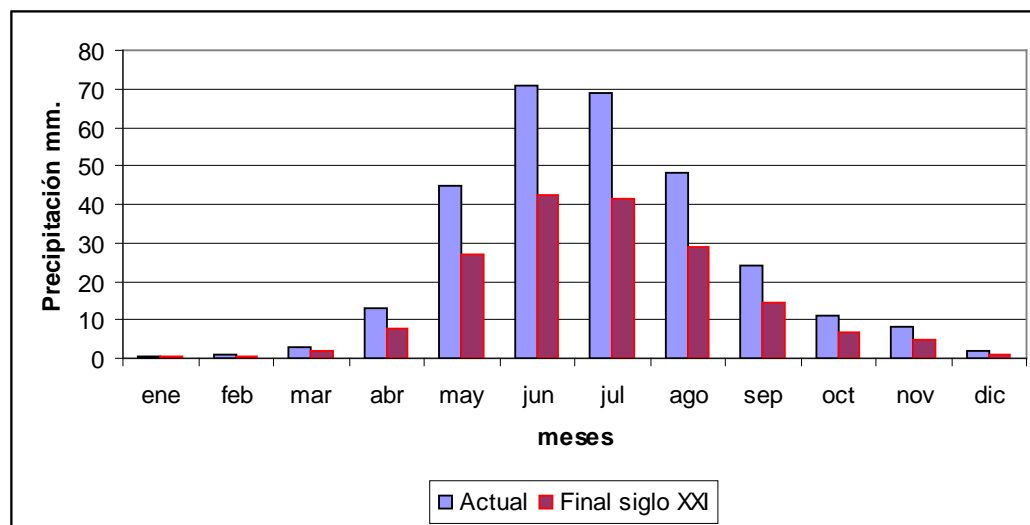


Figura 2: Precipitaciones medias mensuales en Santiago de Chile.

3.- Los Impactos Negativos

Las estadísticas para el período 1961-90 indican que Santiago de Chile posee una temperatura media anual de alrededor de 14°C y una precipitación total anual de 312 mm (Dirección General de Aguas, 1987). Si se aceptan las proyecciones para finales del presente siglo (CAS, 2010), el clima de la capital será algo parecido al de la ciudad de Salamanca. Sería como desplazar imaginariamente Santiago 250 Km hacia el norte y posicionarlo en un valle del Norte Chico. Sin duda un cambio severo en menos de nueve décadas que afectará sensiblemente al paisaje y a las actividades humanas, tanto en el medio urbano como en la periferia rural.

Para pronosticar los impactos del Cambio Climático, se debe realizar una simulación causa-efecto comenzando con las variables protagonistas de él: temperatura y precipitación (Hidore et al), cuyos resultados se muestran en la Figura 3.

Un aumento de la temperatura disminuirá la componente nival y glacial de la alimentación del río Mapocho por cuanto las aguas congeladas permanecerán menos tiempo en la cordillera, derritiéndose antes del pleno verano.

Este aumento de la temperatura también incrementará la evapotranspiración desde áreas verdes, provocando una demanda de agua para riego superior en un 10% a la actual. Incluso las personas demandarán más del recurso hídrico para sus procesos vitales en alrededor del mismo porcentaje.

La disminución de la precipitación por sí sola disminuirá la componente pluvial que alimenta el río Mapocho, provocando también una reducción de sus caudales. Puesto que los acuíferos se alimentan de las lluvias, estos se verán deprimidos.

Combinando el aumento de los egresos de agua representados por más evapotranspiración y la disminución de los ingresos de agua representados por menos precipitación; se generará un mayor déficit hídrico respecto del actual.

Una industria que en especial se verá beneficiada en la urbe es la del ocio, pues se ha demostrado que temperaturas bajas desmotivan actividades sociales. En efecto, muestreos en los barrios bohemios de Santiago (Bellavista, Plaza Nuñoa, El Bosque) indican en promedio una deserción de público creciente en la medida en que la temperatura ambiente disminuye, tal como se muestra en la Figura 4.

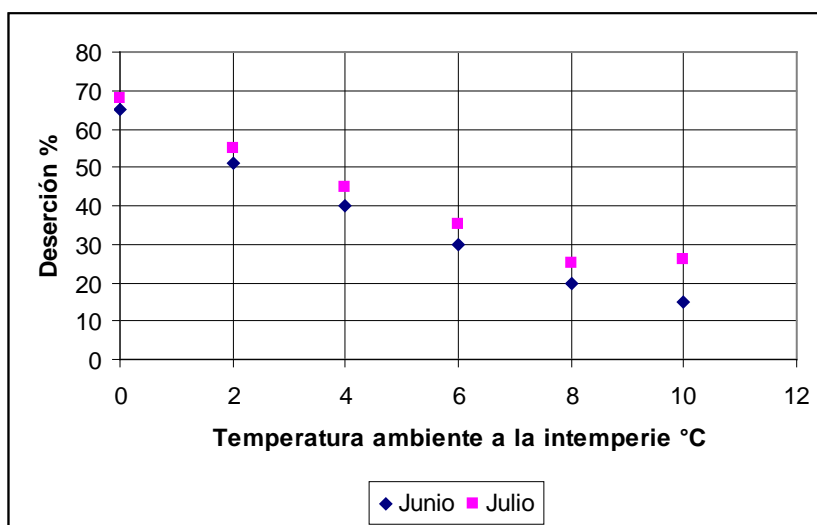


Figura 4: Deserción observada en centros bohemios (bares, restaurantes, pubs)

Considerando la gravitación de la capital en todo el país, cualquier beneficio en las regiones desde donde hay dependencia, impactará también positivamente a Santiago. Así por ejemplo en la región austral de Magallanes y Antártica Chilena donde el frío es un claro enemigo para la comunicación vial, los incrementos de temperatura allá propiciarán la mayor conectividad terrestre para diversos propósitos, repercutiendo en Santiago donde se concentran muchas de las fuentes subutilizadas de capital y mano de obra necesarias para darle soporte al crecimiento regional.

Por otra parte, dependiendo de la capacidad de reacción de los especialistas en develar el pasado críptico, el afloramiento de sitios paleontológicos puede aprovecharse. En efecto, considerando que el agua congelada cumple un rol conservador de evidencia de vida antigua y que el aumento de temperatura provocará un derretimiento de los hielos, es probable que afloren los testimonios de vida pasada, una riqueza patrimonial de la cuenca de Santiago. Ante ello, el seguimiento del retroceso de los hielos para la identificación de los eventuales afloramientos y luego un inmediato rescate y provecho de ellos, constituye una situación beneficiosa.

Todo este fenómeno mirado como un gran cuadro tiene otra interpretación representada por algunos filósofos e historiadores que establecen que la preparación para el Cambio Climático es una excelente oportunidad para generar tecnología que no sólo será útil para enfrentar en el caso de Santiago, un escenario más seco y menos lluvioso; sino además servirá para preparar a la humanidad a otros desafíos que implican adecuarse a cambios ambientales bruscos de cualquier tipo.

En este conjunto de intelectuales están los posibilistas que con su doctrina geográfica afirman que el Hombre gracias a sus conocimientos científicos y empeño (Febvre, 1922), puede triunfar sobre entornos adversos, argumentando que el Cambio Climático que ahora preocupa no es el primero ni más severo que enfrenta la Humanidad, mostrando evidencias de otros cambios globales donde la especie humana ha salido airoso ante escasez energética. En efectos los estudios paleoclimáticos demuestran que el Hombre sufrió al menos dos periodos glaciares. Pese a la severidad de tales épocas, logró adaptarse a ellos con una tecnología bastante inferior a la que ahora poseemos.

La cuenca de Santiago tampoco escapa a este fenómeno, pues los estudios paleontológicos muestran que el último cambio significativo en el clima ocurrió hace aproximadamente 6 mil años, momento en que ya se habían asentado los primeros hombres americanos en lo que hoy denominamos Chile (Hidalgo et al, 1989). Estos individuos, todos cazadores recolectores, supieron adaptarse a un nuevo escenario más seco, sin la oferta alimenticia de la megafauna extinta después de dicho cambio (ciervos acuícolas, paleolamas, mastodontes).

4.- El Concepto de Homeostasis

La Homeóstasis, Homeóstasis u Homeostasia es la capacidad de los sistemas de mantener su viabilidad gracias a ajustes internos ante ambientes cambiantes. De esta definición se deduce que el concepto fue inicialmente estudiado por la Biología. En esta área del conocimiento un interesante ejemplo es dado al comparar la respuesta de un humano y una bacteria ante un alza en la temperatura (Krogh, 2005). Pese a que se trate de organismos muy diferentes, ambos son capaces de realizar ajustes para adaptarse a este nuevo estado del ambiente.

Este concepto, pese a ser inicialmente estudiado por las ciencias de la vida, luego fue adaptado por la Teoría General de Sistemas y por la Cibernética, entendida esta última como la ciencia del control (Bertalanffy, 1968). Es justamente en esta última área del conocimiento donde el fenómeno ha alcanzado su mayor provecho, pues tal como su etimología así lo evidencia (*homo*=igual, *stasis*=detención), la Cibernética pretende aportar herramientas para que el comportamiento de los sistemas sea el deseado, pese a las perturbaciones que sobre ellos puedan actuar.

En este contexto, un cambio en el clima se considera como un conjunto de perturbaciones que pueden afectar a los sistemas productivos, debiendo éstos realizar sus ajustes internos para mantener su viabilidad ante nuevos escenarios ¿Cuáles son estos ajustes? Son todos aquellos que les permitan ser en términos netos valorados por el ambiente y que por ende, justifican la existencia de cada sistema amenazado. Por lo tanto, la Homeostasis no consiste necesariamente en mantener una identidad invariante de cierto sistema pese a los cambios de los medios externos; sino en conservar el valor en él, aun cuando esto implique cambios en los productos o subproductos que entregue al medio cambiante y/o en los insumos que de él obtenga.

Al asumir entonces la premisa que cada sistema debe cambiar si su entorno cambia, aflora inmediatamente el concepto de Tecnología; entendida en su acepción más general como la manera en que los seres humanos, haciendo uso de sus conocimientos científicos, cambian el estado de entes que le son de interés (Arthur, 2009).

5.- ¿Por qué no la Vía Origen?

La lógica aconseja siempre atacar las causas de los problemas y en tal sentido aflora la legítima duda del por qué preferir la vía Homeostática sobre la génesis, por qué preferirla respecto a la Vía Origen. Para responder a esta interrogante hay que repasar las causas del Cambio Climático.

El clima cambia debido a causas Naturales y causas Antrópicas (Archer et al, 2010). Dentro de las primeras están las alteraciones en la inclinación del eje de rotación de la Tierra, en la excentricidad de la órbita alrededor del Sol y en la orografía producto del desplazamiento de las placas tectónicas. Dentro de las segundas causas está la liberación a la atmósfera de los gases invernaderos y en menor medida la deforestación. Todas estas causas son de muy difícil control; de hechos es imposible actuar sobre la rotación y traslación de la Tierra como también lo es frenar la dinámica de placas tectónicas. Para las causas Antrópicas los esfuerzos no son alentadores pues Estados Unidos de América, el país que más aporta con gases invernadero, se ha negado a firmar el Protocolo de Kioto. Aun así, si se lograra convencer a todas las instituciones y países de reducir la liberación de estos contaminantes y de conservar los bosques, la inercia del efecto antrópico es tan grande que una vez cesadas las causas humanas, el planeta tardaría varios siglos en recuperar su atmósfera a estados aceptables.

Entonces, aceptando lo poco promisorio de la vía Origen, se propone dedicar esfuerzos para prepararse ante lo inminente y en tal sentido la vía Homeostática es la protagonista.

7.- Las Medidas

El presente trabajo se enmarca dentro de una postura homeostática, la cual pretende aportar tecnología para enfrentar el cambio de tal manera que los impactos negativos sobre Santiago de Chile se minimicen en virtud de ajustes internos a la ciudad misma. Sin embargo, cualquier ajuste requiere en forma imprescindible de conocer el escenario donde deberá tener éxito. Lamentablemente tal como se estableció al principio del presente informe, en la actualidad no se dispone con pronósticos totalmente confiables. Ante ello, necesariamente se debe incrementar los datos del pasado de diversas variables ambientales y en tal sentido ya existe una disciplina especializada: la Paleontología. En efecto, esta ciencia entendida como el estudio de entes antiguos está realizando notables avances a través de la Dendrología (estudio de los anillos de árboles), Criología (estudio de los hielos) y datación entre otras técnicas.

También se estableció que el conocimiento del futuro es necesario para proyectar un futuro y al respecto las TIC (tecnologías de información y comunicación) contribuyen disponiendo sensores aéreos, terrestres y marítimos para levantar variables físicas, químicas y biológicas; reportando su comportamiento *wireless* de la situación espacio-temporal de variables ambientales a los centros decisionales para que éstos actúen ante fenómenos que, sin estos datos, serían de difícil seguimiento. Por lo tanto, asumiendo que la principal dificultad para enfrentar el Cambio Climático es que no se conoce la magnitud de éste; las labores paleontológicas y la disposición de TIC son medidas comunes a cualquier campaña para enfrentar el Cambio Climático en Santiago.

Aparte de este par de medidas genéricas, existe un conjunto de ellas algo más específicas para cada efecto en particular.

Para poblar con vegetación las laderas orientales de la cuenca de Santiago y otras que desde ella exponen riesgo de aluviones, se propone la forestación con especies xeromórfitas. Es decir, de especies naturalmente adaptadas a la semi-aridez de finales de siglo. Las simulaciones indican que una cobertura areal superior al 45% puede disminuir los aluviones gatillados por las lluvias intensas asociadas a la Corriente del Niño, fenómeno que según las proyecciones, no se tornará benevolente a finales del Siglo XXI para la Zona Central.

Sin perjuicio de esta medida, no se debe descartar los avances en biotecnología que buscan robustecer las plantas de tal forma que resistan ambientes más secos. En este contexto, un poblamiento con estas nuevas especies se considera una alternativa atractiva. Sin embargo, cualquier poblamiento implica una destinación de energía desde ahora para plantar las mencionadas especies (naturales y/o modificadas). Esta colonización inducida debe comenzar desde ya pues los nuevos vegetales deben ir reemplazando a los actuales que pierden participación en la medida que cunde la semi-aridez. Además, una forestación tardía implicará un despliegue de energía cuando éste recurso sea más escaso.

Considerando los parques urbanos (Metropolitano, Padre Hurtado, O'Higgins) y la mayor demanda de agua que mostrarán debido al aumento de la evapotranspiración. Se consulta mejorar la eficiencia del riego, recurriendo en algunos casos incluso al goteo. Los cálculos indican que por lo menos la eficiencia debe incrementarse en un 25% respecto al promedio actual. También para reducir el déficit hídrico y mantener el potencial hidroenergético, se debe considerar la construcción de obras de almacenamiento, proyectándose embalses en la precordillera andina.

Para no incrementar la demanda de energía para refrigerar los espacios *indoor* en verano, necesariamente se deberán concebir los espacios cerrados con una nueva arquitectura. Ahí los colores claros que no capturan el calor, los materiales aislantes y la geometría que propicia ventilación, son protagonistas. Tecnología útil para estos propósitos ya ha sido desarrollada, destacando un polímero (arreglo de grandes moléculas) que se aplica con revestimientos en las paredes internas de edificios, generalmente en el yeso. Cuando hace calor extremo durante el día, tal como el que se pronostica para finales de siglo XXI, éste viaja desde el exterior por la pared de ladrillo o hormigón y llega al revestimiento. Entonces el polímero absorbe el calor gracias a su capacidad de deformarse ante él. Luego de amanecida, cuando ya no hace calor, por ejemplo una fresca mañana a las 6:00 AM, el polímero recupera su forma original liberando el calor que atrapó durante las horas de más cálidas y cediéndolo al ambiente cuando ya no molesta.

Será necesario además alterar la ambiencia urbanística de la ciudad para amortiguar el malestar *outdoor* en verano; generando sombras e incentivando la existencia de arboledas y cuerpos de agua. Estos últimos, tales como grandes piletas y lagunas artificiales, contribuyen en sus inmediaciones a amortiguar los molestos calores gracias a la inercia térmica que el agua tiene.

El vestuario también deberá modificarse para lograr la comodidad ante las altas temperaturas que a la intemperie durante los días de verano se registrarán. Al respecto ya existen combinaciones de colores, texturas y fibras cuyos diseños exitosos se importan desde climas actuales que son similares al que tendrá Santiago a final de siglo.

El propio metabolismo de las personas deberá ajustarse para que éstas enfrenten sus labores entre las 12 y 17 horas de verano, siendo necesario un aligeramiento de la dieta.

Soportar los calores en un vagón del metro o en un bus de locomoción colectiva puede ser una experiencia infernal en verano. Ante un deficiente sistema de acondicionamiento de estos medios de transporte, se propone una reducción en los tiempos de viaje, los cuales ya se verán incrementados debido a que la población de Santiago superará los 9 millones de habitantes y la superficie urbana será un 30% mayor de la actual.

Exponer a niños y trabajadores a altas temperaturas puede tener efectos mortales. Por lo tanto será necesario realizar una reprogramación de las clases de educación física y de los turnos laborales al aire libre.

8.- Conclusiones

Para mejorar la calidad del pronóstico del comportamiento venidero de las variables climáticas, necesariamente se deberá recurrir a los avances en Paleontología como registro del pasado y a la utilización de las TIC para monitorear el presente. Estas dos medidas básicas permitirán respectivamente conocer el pasado para comprender el presente y mejorar la proyección del futuro.

Aun cuando no es posible ahora estimar con satisfactoria precisión y exactitud la magnitud del Cambio Climático para finales del siglo XXI en Santiago de Chile, sí se puede establecer que éste estará caracterizado por un aumento de las temperaturas media anual y por una disminución de las precipitación total anual. La combinación de ambas alteraciones generará un déficit hídrico, un malestar en los espacios abiertos durante las tardes de verano y una reducción del potencial hidroenergético entre otros efectos negativos. Es decir, todo un trastorno energético sintetizado por una reducción de la principal oferta (hidroenergía) y por una alteración en la distribución de la demanda de energía.

Las medidas para enfrentar los efectos son todas de bajo costo relativo, pudiéndose clasificar en estructurales y conductuales. Dentro de las estructurales está la construcción de obras las cuales a su vez demandan en el presente cantidades significativas de energía, montos que a finales de siglo serán más escasos. Dentro de las conductuales se encuentran las nuevas prácticas educacionales y laborales; éstas no implican grandes sacrificios energéticos en el presente ni en el futuro.

Todas estas medidas buscan amortiguar los efectos negativos en la principal urbe de Chile, donde cualquier trastorno puede repercutir en todo el país. En efecto, considerando a Santiago como un importador de energía eléctrica y de alimentos (contenedores de energía) desde otras regiones chilenas, las medidas buscan disminuir las demandas de éste recurso que debido al déficit hídrico provocado por el Cambio Climático, se verá más acentuado. En tal sentido no se debe descartar la alternativa nuclear para suplir el menoscabo de esta fuente renovable.

Referencias Bibliográficas

ACUÑA, H. y KONOW I. **Métodos y técnicas de investigación prospectiva para la toma de decisiones**. Santiago de Chile: FUNTURO, ODEPLAN y PNUD, 1990.

ARCHER, D y RAHMSTORF. **The climate crisis: An Introductory Guide to Climate Change**. Cambridge: University Press, 2010.

ARTHUR, B. **The nature of technology : what it is and how it evolves**. New York : Free Press, 2009.

BERTALANFFY, LV. **General System Theory: foundations, development and applications**. New York: Braziller Inc., 1969.

CAS. **Climate Adaptation Santiago: project description**. Santiago de Chile: Climate Adaptation Santiago, 2010.

DIRECCION GENERAL DE AGUAS. **Balance hídrico de Chile**. Santiago de Chile: Ministerio de Obras Públicas, 1997.

DU PUY DE CLINCHAMPS, P. **El esnobismo**. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1969.

FAGAN, B. **Cro-Magnon : how the Ice Age gave birth to the first modern humans**. New York : Bloomsbury Press, 2010.

FEBVRE, L. **La Terre et l'évolution humaine**. Paris: Albin Michel, 1922.

GUNTER, B. y DIAZ G. **Mecanismos de regulación**. Santiago de Chile: Universidad de Chile, 1980.

HIDALGO, J. SCHIAPPACASSE, V., NIEMEYER, H., ALDUNATE, C, y SOLIMANO, I. **Prehistoria de Chile, desde sus orígenes hasta los albores de la conquista**. Santiago de Chile: Andrés Bello, 1989.

HIDORE, J. y Oliver, J. **Climatology: an atmospheric science**. London: Pearson, 2007.

IPCC. **Climate Change 2007: synthesis report**. Geneve: International Panel on Climate Change, 2007.

KRELLEMBER, K. y HEINRICHS, D. **Climate adaptation strategies: evidences from Latin-American city-regions**. Bonn: Centre of Environmental Research, 2010.

KROGH, D. **Biology: a guide to the natural world**. New Jersey: Prentice Hall, 2005.

ROBERT, H. **The rough guide to Climate Change**. New York: The Rough Guide Ltd., 2006.