

## Las construcciones sustentables: de lo general a lo particular

Ernesto C. Curiel Carías

### Resumen

El progresivo deterioro causado a la biosfera por la rápida expansión de las actividades humanas ha generado desde hace al menos treinta años, diversos intentos por conciliar las exigencias del desarrollo con los requerimientos ambientales. Tales intentos abarcan un amplio espectro de consideraciones, desde las muy generales hasta las muy específicas, y desde las estrictamente teóricas hasta las puramente empíricas, situación que en ocasiones es percibida en forma confusa y desarticulada. El presente ensayo consiste, precisamente, en un breve recuento de ciertos problemas y planteamientos ambientales generales adoptados como marco para describir, en forma resumida, algunas reflexiones y experiencias puntuales adelantadas por el autor con el propósito de hilvanar diversos aspectos del acondicionamiento ambiental. Estas iniciativas están referidas a construcciones en áreas costeras del trópico.

### Abstract

*The progressive deterioration caused to the biosphere by the rapid expansion of the human activities, has produced since at least thirty years, diverse intents to conciliate the development exigencies with the environmental requirements. Such intents comprise a wide aspects of considerations, from the very generals to the very specifics, and from the strictly theoreticals to the purely empiricals, situation that in occasions is perceived in a confused and disarticulated way. The present text consist, precisely, in a brief recount of certain problems and general environmental statements embraced to describe, in a abridged way, some reflections and punctual experiences advantaged by the author with the purpose to connect diverse aspects of the environmental arrangement. This initiatives are refered to construction in coast tropic areas.*

El éxito y la rapidez con que se ha expandido el término sustentable en los más diversos ámbitos, ha provocado una situación confusa que precisa de algunos comentarios y referencias generales acerca del contenido del tema, así como su incidencia en campos tan específicos como lo puede ser el diseño y el desarrollo de técnicas constructivas en biomas costeros.

Escasamente se recuerda hoy el libro de Meadow y Dennis publicado a comienzos de los años setenta bajo el título *The limits to growth* (Meadow et al., 1972). En él se pronosticaba con buenos argumentos, cómo evolucionarían hacia fines de siglo un conjunto de variables consideradas fundamentales en el terreno ambiental. Esas proyecciones resultaron ser particularmente polémicas, no precisamente por los pronósticos (ni por haber coincidido con la primera Conferencia de la Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano en Estocolmo o por su eco en el Club de Roma) sino por las recomendaciones que surgían para superarlas, las cuales incluían cuestiones como el crecimiento económico "0", el crecimiento industrial "0", el crecimiento poblacional "0", etc. Semejantes sugerencias tuvieron sus respuestas por parte de los países en desarrollo (canalizadas básicamente a través de la Fundación Bariloche), en las que se argumentaba que tales propuestas podían tener pertinencias en países desarrollados donde se habían alcanzado importantes niveles de vida, pero que difícilmente era algo que podía proponerse a países en desarrollo cuando apenas, para entonces, se vislumbraban en ellos algunas posibilidades de mejorar sus estándares de vida. Es en el seno de esta polémica donde surgen propuestas como las del ecodesarrollo, en las que se planteaban fórmulas que aspiraban conciliar las exigencias del desarrollo con la necesaria conservación de los sistemas naturales:

... la sostenibilidad es un aspecto importante del desarrollo. La prudencia ecológica es un dogma de la ética del desarrollo, a la par con

### Descriptores:

Construcción; sustentable; costas; trópico.

### Descriptors:

Construction; sustainable; coasts; tropic.

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 17-2, 2001, pp. 35-42.  
Recibido el 10/10/00 - Aceptado el 26/03/01

## artículos

la igualdad social. ... El propósito es llegar a una verdadera simbiosis, haciendo el mejor uso posible de los flujos de recursos renovables y reduciendo al mínimo el vaciamiento del **stock** de capitales de la naturaleza. En este contexto, una gestión ecológicamente sana de los soportes de los recursos renovables ... se transforma en una condición **sine qua non** del desarrollo sostenido. ... utilizando el ecosistema como modelo ... (Sachs, 1982).

Por alguna razón, hacia fines de los años setenta y comienzos de los ochenta, el tema ambiental dejó de tener en los medios masivos de comunicación la preeminencia que tuvo en años anteriores, llegándose incluso a comentar que sólo había consistido en una moda pasajera. No obstante, los hechos obligaron nuevamente a prestar atención a problemas ambientales que se agudizaban, con el agravante de que ahora dejaban de ser problemas locales para convertirse en problemas de carácter global. Surgen las primeras evidencias de que aquellos "límites del crecimiento" pronosticados a comienzos de los años setenta, estaban alcanzándose: el calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono, la pérdida de la biodiversidad, la desertificación, etc. (Goodland *et al.*, 1992). Calamidades que desde entonces se recuerdan reiteradamente sin que necesariamente se recuerden con el mismo énfasis sus efectos: eventual desaparición de países localizados en tierras bajas, incrementos notables en el cáncer de piel, colapso de ecosistemas vitales para la biosfera, drástica reducción en la producción de alimentos, etc. Es esta situación la que lleva al Consejo de las NN UU a designar una comisión para su estudio; comisión que produjo en 1987 el Informe Brundtland (WCED, 1987), oficialmente conocido como **Nuestro Futuro Común**, un registro de evidencias del grave deterioro planetario, seguido de una declaratoria de principios, una suerte de Constitución ambiental mundial (suscrita por casi todos los países), complementada posteriormente con otro documento, la **Agenda XXI**, en el que se fijan lineamientos generales para la implementación de estos principios; documento que a su vez tiene sus versiones regionales como es el caso de **Nuestra Propia Agenda**, versión para Latinoamérica y el Caribe de la **Agenda XXI**.

Es precisamente con el Informe Brundtland a mediados de los años ochenta, con lo que reaparece el viejo concepto de **ecodesarrollo**, ahora bajo el nombre de **desarrollo sustentable**:

... el desarrollo sostenible es un proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones están acordes y acrecientan el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas (WCED, 1987).

La diferencia entre uno y otro (eco-desarrollo y desarrollo sustentable) estaría en sus énfasis. En el primero, el acento está puesto en los ecosistemas; en el segundo, en el desarrollo y el bienestar humano; en uno el sesgo sería "ecocéntrico", en el otro "antropocéntrico".

A propósito de esto último y antes de hacer referencia a aspectos más concretos, es conveniente comentar que, a juicio del autor, ambas aproximaciones (ecocéntrica y antropocéntrica) resultan un tanto limitadas. Eventualmente, la interacción entre sistemas diferentes provoca la emergencia de un nuevo sistema con particularidades irreductibles a los componentes que le dan origen. Haciendo una analogía, podría estar ocurriendo algo similar a lo que sucede cuando se mezclan, por ejemplo, muestras de gases como hidrógeno y oxígeno –cada uno con propiedades y características diferentes– para obtener un tercer compuesto, el agua, con características y propiedades igualmente diferentes a los elementos que la integran. Aquí emerge un nuevo sistema con atributos que no están presentes en los componentes de origen. En un terreno puramente especulativo, algo similar y todavía desdibujado, pudiera estar ocurriendo en el planeta al interactuar en forma masiva los productos antrópicos, los productos de las acciones humanas por una parte, y los factores de la biosfera, por otro. Resulta difícil anticipar la naturaleza última o tener una visión coherente, integrada de la resultante de ese proceso porque, precisamente, es algo que aún está en gestación; circunstancia que, sin embargo, tiene sus consecuencias sobre los valores que se manejan en cuestiones tan definidas como lo pueden ser aquellas referidas a la práctica profesional. La ausencia de una visión coherente y compartida de este proceso dificulta el poder derivar valores o principios igualmente compartidos, aquello que constituye el sustrato de la ética profesional. En ausencia de ello es necesario hacerse, al menos en términos personales, de una visión y de unos valores frente al nuevo orden en gestación, algo que sirva de marco y le dé contenido al producto de la actividad profesional.

Así mismo, es conveniente comentar aquí que la propuesta del desarrollo sustentable, desde luego, no se encuentra exenta de debates. Se le ha objetado, por ejemplo, no hacer referencia expresa a cuestiones como el crecimiento económico, el incremento del componente material que exige la satisfacción de necesidades humanas, la propiedad, la lógica de la economía de mercado que requiere de la obsolescencia y de flujos monetarios que, en última instancia, son expresión de los flujos de recursos naturales, etc. Todo esto conduce a atribuir el éxito del "desarrollo sustentable" no tanto a su novedad como a su "ambigüedad" (De Lisio, 1992). No obstante, también es cierto el énfasis que exhibe este planteamiento en fomentar e incrementar la eficiencia de procesos que permitan la satisfacción de necesidades con recursos cada vez menores.

Igualmente, tiene el mérito indiscutible de haber colocado el tema sobre ambiente y desarrollo como centro de todas las discusiones y decisiones relevantes de la época.

Dejando estas consideraciones generales en favor de aspectos que nos aproximen al campo de las construcciones sustentables (de lo general a lo particular), a continuación se hace referencia al tema de las ciudades.

### Las ciudades

En las ciudades se concentran y generan buena parte de los problemas ambientales. Ellas, a su vez, son, parcialmente, producto de dos características muy particulares del comportamiento de la población durante el siglo XX: su rápido crecimiento y su excesiva concentración. Muestra de ello es cómo en Estados Unidos de Norteamérica más de la mitad de la población vive concentrada en el 1% de su territorio (Rifkin, 1990), o cómo en Latinoamérica –que para el año cincuenta apenas contaba con 6 o 7 ciudades con más de un millón de habitantes– cuenta hoy día con 45 ciudades de iguales dimensiones.

Para el estudio de los centros urbanos se han propuesto diversas aproximaciones, siendo una de ellas el enfoque metabólico, un enfoque que conceptualiza la ciudad como un gran organismo, como un sistema abierto con entrada y salida de materia y energía. Este enfoque ha puesto en evidencia cómo en el crecimiento y el aumento de la complejidad de las ciudades no se tiene en cuenta ni el incremento de la entropía interna, que generan sus grandes ingresos de energía, ni la capacidad de carga de los ecosistemas que les sirven de soporte, ni los costos de reposición de recursos naturales (Naredo y Rueda, 1998). Esto último desestimula los programas de recuperación y reciclaje, fomentando la producción de enormes cantidades de desechos que superan con mucho la capacidad de los sistemas naturales para metabolizarlos. En síntesis, se importa orden de los ecosistemas y se exporta desorden a lo que va quedando de ellos, con lo que se incrementa la entropía general de la biosfera.

Un estimado de las magnitudes de esas entradas y salidas diarias en una ciudad de apenas un millón de habitantes (4 o 5 veces más pequeña que Caracas) serían aproximadamente: 570.000 toneladas de agua potable, 8.500 toneladas de combustibles (Rifkin, 1990), 2 millones de kilogramos de alimentos, 500.000 toneladas de aguas residuales y 1.000 toneladas de desechos sólidos (Gabaldón, 2000).

Estas entradas y salidas necesitan de un transporte horizontal que exige mayores cantidades de energía y resquebraja los sistemas naturales periféricos, sin mencionar la demanda anual de extensas superficies de terreno que requiere la expansión física de las ciudades (hasta 35.000 ha/año, como es el caso de Bangkok).

J. Rifkin comenta que a las ciudades modernas pudiera estarle ocurriendo algo similar a lo que le sucedió a la vieja ciudad de Roma: mientras más crecía, más energía demandaba; mientras mayor era la cantidad de energía que fluía, mayor era el desorden, que se generaba internamente; y mientras mayor el desorden, más grande la infraestructura de instituciones necesaria para atender las situaciones de conflicto que se presentaban, espiral que se expandió hasta el colapso de la ciudad. Ejemplo de ello eran las líneas de suministro requeridas por Roma y mantenidas por el ejército, las cuales llegaron a ser tan extensas y numerosas que los militares terminaron consumiendo más recursos de los que finalmente accedían a la ciudad. Agrega el autor que algo parecido pudiera estar ocurriendo actualmente en Nueva York, donde el número de empleados municipales aumentó en 300% durante la década de los años ochenta, periodo durante el cual la población de la ciudad había disminuido. Esto fue necesario debido al incremento en los problemas de delincuencia, al deterioro progresivo de infraestructuras y servicios, a los problemas de contaminación sónica y atmosférica, y a los efectos que ello tiene sobre la salud pública (enfermedades cardíacas, cáncer, bronquitis, úlceras, etc.) (Rifkin, 1990).

Para Kohr "los problemas sociales ... crecen en progresión geométrica ... mientras que la capacidad humana de hacerles frente ... lo hace en progresión aritmética" (Kohr, 1957).

### Las ciudades en las costas del trópico

Las dificultades comentadas son inherentes a las formas convencionales de expansión de los grandes centros poblados e independiente de su localización geográfica. No obstante, cuando esto ocurre en las regiones intertropicales, y de manera particular en sus zonas costeras, donde prosperan formaciones naturales particularmente significativas como los bosques de galería, los arrecifes coralinos, las praderas de thalassias o las formaciones de manglares, la situación se complica. En Latinoamérica y el Caribe, las tres cuartas partes de las ciudades más importantes se encuentran ubicadas sobre la zona costera, lo que significa extensos procesos de deforestación, erosión, sedimentación, descarga de desechos y aguas residuales sobre el mar. El efecto que ello ha tenido sobre los ecosistemas mencionados se ha traducido en una pérdida equivalente a la tercera parte de los arrecifes coralinos y a la mitad de las formaciones de manglares que existían originalmente (Hinrichsen, 1994).

Esta doble exigencia apunta a la necesidad de elaborar políticas, planes, criterios, técnicas y tecnologías que contribuyan a conciliar los requerimientos de infraestructuras que demanda la población local, con la necesaria conservación de sus sistemas naturales. Ello es necesario porque aun cuando puedan ser ampliadas las

## artículos

áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE), sus mismas actividades internas de vigilancia, monitoreo, investigación, administración y recreación, van a requerir del diseño de instalaciones elaboradas a partir de criterios y tecnologías que no han sido suficientemente desarrolladas.

Es precisamente en este escenario, y a escala de las edificaciones, en las que se inscriben las consideraciones expuestas en las próximas secciones. Es conveniente puntualizar que al descender de los planteamientos generales a los particulares –como sugiere el título del presente ensayo– los numerosos campos de aplicación de los conceptos generales discutidos, se ramifican y especializan progresivamente en áreas cada vez más restringidas. El área específica seleccionada para la segunda parte de este artículo, consiste en un recuento de diversos trabajos teóricos y prácticos adelantados por el autor acerca de nuevos criterios y técnicas constructivas a ser utilizadas en formaciones de manglares, lo que explica las numerosas referencias que figuran en la bibliografía sobre dicho autor.

### Las edificaciones

Acotando de nuevo el campo de lo sustentable y limitándolo al tema de las edificaciones, es posible detectar cómo ciertos aspectos comentados anteriormente se reproducen nuevamente a esta escala. La construcción, funcionamiento y mantenimiento de las edificaciones es una de las actividades de mayor impacto ambiental debido a su importante consumo de recursos naturales (minerales, maderas, agua, energía, etc.), y a las alteraciones que introduce en el paisaje inmediato (alteraciones de la topografía, de los suelos, de la vegetación, del microclima, de las escorrentías, etc.). Por otra parte, el uso inadecuado de materiales, el mantenimiento deficiente y el diseño inapropiado puede tener igualmente efectos nocivos sobre los usuarios, constituyendo lo que se ha dado en llamar el "síndrome del edificio enfermo". Esto es así, tanto en los países desarrollados –por el uso intensivo de recursos naturales que demanda cada edificación– como en países del tercer mundo por el número y precariedad de lo construido y por construir [en Venezuela, existen 950.000 viviendas que necesitan ser "habilitadas" (Cilento, 1999) y al déficit habitacional acumulado de 550.000 viviendas es necesario agregarle anualmente una demanda adicional de cien mil viviendas]. En países como el nuestro, donde las *urgencias* obligan permanentemente a la *gerencia* por crisis, comúnmente es necesario pensar en soluciones antes de detenerse a pensar en el problema, siendo entonces los recursos y tecnologías disponibles los que crean el diseño. Glosando a Hillier, es el "cómo" lo que termina definiendo "qué" cosa va a ser edificada (Hillier y Leaman, 1972).

### Las edificaciones en las costas del trópico

Regresando al planteamiento anterior, y limitando el problema de las edificaciones a ciertas regiones costeras del trópico y, más específicamente, a las formaciones de manglares, una manera de abordarlo pudiera ser precisamente el tratar de definir qué cosa es una edificación –desde el punto de vista de su función en tanto dispositivo de acondicionamiento ambiental– en un escenario donde pesan tanto los aspectos físico-naturales. Para ello es importante identificar la información pertinente a partir de la cual resulte posible derivar o inferir ese concepto.

#### 1. Conceptos

Como fue expuesto en trabajos previos (Curiel, 1998a; 2000a), afortunadamente existe una extensa información acerca de la estructura y dinámica de los ecosistemas, así como sobre la fisiología y los biorrequerimientos humanos. Igualmente extensa es la documentación relacionada con las características de los sistemas vivos (SV), características que tienen la ventaja de permanecer invariables en el tiempo, cuestión que facilita el establecimiento de principios generales de diseño para aquellos sistemas artificiales estrechamente vinculados a ellos. Estas características son en realidad muy numerosas, pudiéndose mencionar –a título de ejemplo– la de sus *cambios* recurrentes dentro de ciertos umbrales, los cuales no responden exclusivamente al azar sino a un determinado *orden*. "Cambios ordenados" significan a su vez la tendencia de los sistemas a procurar ciertos estados particulares, es decir, son *busca-objetivos*. Este objetivo común a todos los sistemas vivos es el equilibrio inestable, el balance dinámico u homeostasis.

Lo anterior tiene consecuencias interesantes porque si los sistemas vivos son *busca-objetivos* y este objetivo es la homeostasis, los objetivos del sistema artificial (SA) –desde el punto de vista biofísico– deben resultar compatibles con ellos, lo cual significa, por una parte, que de acuerdo exclusivamente con los propósitos homeostáticos del ecosistema, el mejor SA será aquel que no interfiera e, incluso, contribuya a la consecución de tales propósitos. Por otra parte, el diseño del SA debe responder al objetivo de lograr un ambiente interno cuyos niveles de temperatura, luminosidad, humedad, ruido, disponibilidad de agua potable, etc. fluctúen sólo dentro de los umbrales de tolerancia pautados previamente por los biorrequerimientos del usuario. En otros términos, la función del SA consistiría en garantizar la homeostasis del espacio interno que aloja al biosistema, así como la conservación o mejoramiento de la estabilidad dinámica del ecosistema en el que se inserta: la edificación como un sistema artificial de interfaz entre dos sistemas biológicos. Metafóricamente, sería una función similar a la que desempeña una silla de montar, un objeto de interfaz al que se le exige satisfacer tanto

los requerimientos del jinete como los de su cabalgadura, pudiendo estar representada su definitiva integración en la imagen del centauro.

Este concepto facilitaría posteriormente *definir* el problema, es decir, permitiría cuantificar las exigencias de las variables que intervienen, lo que a su vez orientaría las diversas estrategias u opciones de diseño. Sobre todo, permitiría su ulterior evaluación, constituyendo así una referencia objetiva para calificar las bondades de las estrategias de diseño desde el punto de vista biofísico, contribuyendo con ello a definir los fundamentos de un mejor diseño de las edificaciones en tales biomasa (Curiel, 2000a).

No obstante, hasta ahora sólo se ha hecho referencia a la función de la edificación en tanto dispositivo de acondicionamiento ambiental, debiendo ella cumplir igualmente con otras funciones (simbólica, como mercancía, como receptáculo y organizadora de actividades). El hecho de enfatizar inicialmente el análisis sobre una sola función, sugiere entonces que el marco teórico seleccionado para ello sea lo suficientemente amplio y flexible como para facilitar, posteriormente, su articulación con los otros aspectos que integran el diseño. En este sentido, se propone adoptar como fundamento teórico a los principios de la Teoría General de los Sistemas (TGS), teoría que trata de reducir a una serie de principios comunes el comportamiento de sistemas tan disímiles como pueden ser los físicos, los bióticos o los socioculturales (Curiel, 2000b).

Otras conjeturas que pudieran contribuir a definir el concepto de edificación viable en esos ambientes –asociadas también a ciertas características de los SV– serían: a) considerar a los SA como sistemas autónomos, no solamente por la ausencia frecuente de servicios en las zonas analizadas, sino por la conveniencia, incluso, de su no-existencia debido a los efectos entrópicos que generalmente generan los cordones de servicios. b) Lo anterior remite a una segunda conjetura: tratar de incorporar al SA dentro de los flujos naturales de materia y energía locales, lo que incluye a las propiedades fisicoquímicas de los cuerpos de agua, los extensos yacimientos de minerales disueltos en agua de mar, el gran potencial de energía eólica, solar, de las mareas, de las corrientes, etc. c) Acceder a esos recursos significa, a su vez, disponer de técnicas particulares que permitan hacerlo con un impacto mínimo. Un concepto general discutido en trabajos anteriores (Curiel, 1998b) que, sin embargo, resulta conveniente recordar en este contexto, es el de *tecnología apropiada* (PNUMA, 1975); un concepto que no prejuzga que tecnología es pertinente, sino que ella estará en función de unos objetivos y de un contexto previamente definidos. Asociada a ese concepto está igualmente la noción de “técnicas intensivas en conocimiento”. En esta última se considera que el conocimiento exhaustivo de un fenómeno en su contexto permite, en ocasiones, resolver problemas vinculados a

él sin necesidad de recurrir al hecho tecnológico. Ortega y Gasset ha dicho que “la técnica es el esfuerzo por ahorrar el esfuerzo”; se pudiera agregar que ese tipo de tecnologías es el esfuerzo por ahorrar el esfuerzo tecnológico. Lo anterior tiene una implicación ambiental importante porque cuando se habla de la capacidad de adaptación del hombre a las diversas condiciones ambientales, gracias a la tecnología, lo que ciertamente ha ocurrido es justo lo contrario: “adaptar el medio a las exigencias del hombre” (Ortega y Gasset, 1982). El resultado de esa progresiva adaptación del medio a las exigencias del hombre es lo que, a su vez, ha dado lugar al amplio despliegue de sistemas artificiales, cada vez menos compatibles con los sistemas naturales. Este enfoque contribuye igualmente a desmitificar el hecho tecnológico. A desmitificarlo en el sentido de que obliga –antes de pensar en soluciones– a detenerse a pensar en el problema, a no darle más relevancia al instrumento que al problema que se desea resolver con ese instrumento, a entender que los desarrollos e innovaciones tecnológicas en el área de la construcción no tienen porqué resultar particularmente elaborados o sofisticados en sí mismos, aun cuando sí deban serlo en cuanto a su capacidad de adecuación a determinado contexto (Curiel, 1998a).

Otras consideraciones de carácter más bien operativo están referidas, por una parte, al criterio de reducir el número y las dimensiones de las nuevas instalaciones en los paisajes discutidos y, por otra, a la estrategia de emplazar las nuevas instalaciones sobre la superficie de los cuerpos de agua. Con relación a lo segundo, se persigue limitar el impacto sobre los bosques de manglares y facilitar el acceso a los recursos que ofrece el medio acuático.

## 2. Técnicas

Mientras se avanza en la debida fundamentación teórica, es necesario adelantar también algunas experiencias prácticas que permitan la materialización progresiva de tales reflexiones. Algunas de esas experiencias puntuales (adelantadas por el autor) están referidas a ciertos aspectos bioclimáticos, a ensayos con materiales apropiados a las áreas de estudio y al desarrollo de un pequeño sistema de plataforma que pueda servir de soporte físico a las nuevas instalaciones requeridas en paisajes de riberas.

**2.a. Aspectos bioclimáticos.** Con relación a los efectos del clima sobre los habitantes de las zonas costeras del trópico –caracterizado por su escasa nubosidad, intensa radiación solar, altas temperaturas y elevada humedad relativa, características que comúnmente dan lugar a *temperaturas efectivas* (T. E.) por encima de la zona de confort– son conocidas las estrategias generales de adaptación a esas condiciones: amplia protección frente al exceso de radiación solar (tanto directa como refleja-

## artículos

da), reducción de la capacidad de almacenamiento y transmisión de energía térmica de la envolvente de la edificación, y disposiciones que propicien cierto movimiento del aire para compensar las altas T.E.

Existen numerosas técnicas pasivas para el logro de esos objetivos (Curiel, 1982). No obstante, mediante tales técnicas, a lo sumo, es posible reproducir en los espacios internos de la edificación las condiciones favorables del microclima de la zona. Durante las horas de aquellos meses en que las T. E. se encuentran por encima de la zona de confort en la región (aun para velocidades de viento de 1,5 m/seg), puede igualmente anticiparse que esas mismas condiciones de desconfort prevalecerán en los espacios internos. Cuando esto ocurre y cuando los recursos lo permiten, los usuarios cubren comúnmente esas deficiencias instalando equipos de aire acondicionado (con lo cual mejoran las pérdidas de calor corporal por conducción y evaporación hacia una masa de aire refrigerada y seca). No obstante, ello exige aislarse del medio exterior con lo que se desaprovecha una serie de previsiones en cuanto a ventilación natural que, si bien no resultan suficientes, acercan considerablemente a las condiciones deseadas.

Lo anterior plantea la necesidad de buscar opciones intermedias, sistemas que permitan mejorar las condiciones de confort térmico sin necesidad de recurrir a soluciones radicalmente distintas, como las que ofrecen los sistemas activos. Una posible alternativa consistiría en el diseño de sistemas que propicien las pérdidas de calor corporal por radiación. El cuerpo humano cede el calor que se desprende de sus procesos metabólicos hacia el ambiente por conducción, evaporación, pero mayoritariamente lo hace por radiación.

Con el propósito de explorar esta opción, se construyó una pequeña cámara de simulación climática (en la cual se reproducían las condiciones del clima costero) para ensayar la efectividad de un sistema de superficies receptoras de radiación térmica para el mejoramiento de las condiciones de confort. Los resultados empíricos de esta experiencia mostraron que, si bien no era posible obtener las condiciones óptimas, las láminas contribuían sensiblemente a mejorar las mismas (Curiel, 2000 c).

Si bien la aproximación anterior a los problemas de confort resulta válida, es importante resaltar el gasto energético que representa ofrecer superficies receptoras de radiación a baja temperatura. Consecuente con los criterios de intervención propuestos inicialmente, en los que se sugiere el uso de los recursos naturales que ofrecen los paisajes ribereños, se hizo un estudio acerca del potencial que representan las temperaturas relativamente bajas de las aguas costeras como recurso para el diseño de sistemas pasivos de climatización. En ese estudio se evidencia cómo los valores máximos medios y máximos absolutos de las temperaturas del aire caen fuera del rango de

temperaturas exigidas por la zona de bienestar térmico (ZBT), mientras que las temperaturas máximas del agua, incluidas las absolutas, oscilan dentro de los umbrales de dicha zona (Curiel, 1993).

Esto permite anticipar, a manera de hipótesis, que un recinto que logre reproducir en sus superficies internas, y en la masa de aire contenido en él, las variaciones anuales de temperatura de las aguas costeras analizadas, facilitará notablemente la obtención de temperaturas efectivas dentro de la zona de confort. Con el propósito de validar la hipótesis, se diseñó y calculó un pequeño dispositivo que, esquemáticamente, consiste en un cilindro de aluminio (diámetro: 1,20 m; altura: 2,40 m; espesor 0,001 m) y un intercambiador de calor adosado a él. Los cálculos realizados a partir de los valores de las propiedades geométricas del cilindro, del material, del aire y el agua, arrojaron que las temperaturas internas se aproximan significativamente a las temperaturas del agua en un lapso relativamente breve (Curiel, 1994a). Durante el mismo lapso, las temperaturas de la superficie interna del cilindro decrecerán de una manera aún más acentuada mejorando las condiciones de confort térmico, al sumarse a las pérdidas de calor corporal por convección hacia la masa de aire, las sustanciales pérdidas de calor por radiaciones hacia superficies a menor temperatura. La alta conductividad térmica y la dilatada masa de los cuerpos de agua, es un recurso que puede permitir así el enfriamiento del aire antes de su ingreso a un espacio y reducir las temperaturas del sólido que conforma la envolvente del mismo.

Un recuento de lo expuesto con relación a los aspectos bioclimáticos, ilustra las posibilidades de aproximación a respuestas pasivas que ofrece la dilatada información que actualmente se dispone acerca del comportamiento del clima, del modo en que éste interactúa con el organismo, de los mecanismos de transferencia de calor, de los recursos naturales presentes en una determinada región, etc.: información que puede contribuir –como se comentó anteriormente– al desarrollo de *técnicas intensivas en conocimiento*, menos dependientes y onerosas que las convencionales, y más compatibles con su entorno.

**2.b. Materiales.** Los criterios adelantados en cuanto a la ocupación de la superficie de los cuerpos de agua y al uso de materiales y energías locales, remiten a otra consideración: el diseño y construcción de instalaciones flotantes supone el empleo de materiales con un bajo coeficiente de permeabilidad, siendo ésta una de las razones por las que normalmente se utilizan materiales como el aluminio, fibrocemento, acero, plástico reforzado con fibra de vidrio, etc. Sin embargo, éstos no son materiales que responden a los criterios inicialmente establecidos, razón que sugiere, entre otras, la conveniencia de realizar estudios sobre la permeabilidad de materiales como el ob-

tenido por acreción mineral (coral artificial), el cual sí se ajusta a esos criterios.

Esquemáticamente, la técnica para producir dicho material consiste en sumergir en agua de mar un par de electrodos para generar un campo eléctrico que hará depositar, selectivamente, los iones en solución. Si el cátodo está constituido por una malla metálica de cualquier configuración, se depositarán sobre ella las sales disueltas de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e hidróxido de magnesio [ $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (Hilbertz, 1979)]. El material así obtenido ofrece una resistencia similar a la del concreto, lo que permite construcciones de cualquier forma y tamaño. Otro aspecto importante que ofrece el material es su posibilidad de simbiosis con procesos naturales. Éste provee de cobijo y nutrientes a organismos marinos como bacterias, corales, algas, bilvalvos, etc., los que, a su vez, al depositar sustancias químicas y sus mismas conchas contribuyen a la consolidación y mantenimiento de las estructuras (Hilbertz, 1991). La escasa inversión, el reducido empleo de mano de obra y labores de acarreo, el mínimo consumo energético invertido en el proceso de extracción, transporte, procesamiento, colocación y mantenimiento, así como su bajo impacto ambiental, lo convierte en un material de particular interés para proyectos en las zonas que nos ocupan.

Sin embargo, aún no han sido establecidos los procedimientos que permitan obtener, con este material, membranas lo necesariamente densas, compactas y homogéneas que garanticen una permeabilidad lo suficientemente baja como para ser utilizadas en la construcción de cuerpos flotantes. Con este propósito se realizaron varias pruebas a partir de mallas galvanizadas de 6,35 x 6,35 mm para obtener pequeñas muestras (0,04 m<sup>2</sup>) del material. Finalmente, se logró obtener una muestra lo suficientemente homogénea y compacta como para ser utilizada en las probetas de ensayos sobre percolación. Los resultados obtenidos indican que si bien el coral artificial tiene un coeficiente de permeabilidad similar a la del concreto para una relación 0,75 de agua/cemento, es muy alta si se le compara con las muestras de mortero adoptadas como referencias (Curiel, 1994b). Lo anterior significa que el avance logrado en el uso del coral artificial para la construcción de cuerpos flotantes, mediante la técnica descrita, está actualmente condicionada al empleo de mayores espesores del material o al uso de las técnicas ya conocidas de impermeabilización para el concreto; consideración hecha al margen de las futuras mejoras que puedan ser introducidas en el proceso mismo de deposición.

**2.c. Emplazamiento.** Como se indicó anteriormente, la sugerencia de emplazar las nuevas instalaciones sobre las superficies de las lagunas obedece al propósito de limitar el impacto sobre los bosques de manglares y facilitar el acceso a los recursos que ofrece el medio acuático.

Estas consideraciones condujeron al desarrollo de un sistema de plataformas flotantes que ofrecen el soporte físico que demandan las pequeñas instalaciones ubicadas en paisajes de riberas. El componente básico consiste en un flotador de 0,70 m de diámetro –producidos en plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV)– y una longitud variable comprendida entre 1,50 m y 7,35 m. Adicionalmente, ofrece una cámara interna para el almacenamiento de agua, equipos y accesorios, lo que permite disponer de un mayor espacio útil sobre las plataformas, las cuales se arman a partir de flotadores unidos entre sí mediante un envigado que, simultáneamente, sirve de apoyo al entarimado. Este sistema se complementó luego con otros componentes para el soporte de motores fueraborda, recipientes para tanques de gasolina, sobrecajas y viguetas compuestas para aumentar la capacidad de carga de la tarima (Curiel, 1985).

Algunas aplicaciones que ha tenido el sistema hasta la fecha son: muelle flotante (represa de "Tierra Blanca", estado Guárico); pontón cisterna y de mantenimiento (parque nacional "Morrocoy", estado Falcón); soporte para grúa de pórtico flotante requerida en los ensayos sobre coral artificial (Comando de Guardacostas, La Guaira); carpas flotantes (Parque Nacional "Morrocoy", estado Falcón) y estación de monitoreo y vigilancia (Parque Nacional "Laguna de Tacarigua", estado Miranda) (Curiel, 1989 y 1995). Esta última fue diseñada a partir de una serie de consideraciones bioclimáticas y equipada con tanques de retención para aguas servidas, techo colector de agua de lluvias, energía suministrada por un sistema de celdas solares y accesorios de bajo consumo energético (Curiel, 1994c:d).

## Consideración final

Con relación a las posibilidades de trasladar las experiencias comentadas a la práctica, se resumen y reproducen a continuación los comentarios ofrecidos al respecto en el libro *Elementos para el diseño de edificaciones en paisajes de riberas* (Curiel, 2000c):

Al margen de las bondades intrínsecas de los criterios, técnicas y tecnologías descritas, y a pesar del manifiesto interés mostrado por las diversas instituciones vinculadas a los problemas ambientales, su aplicación en proyectos concretos ha resultado extremadamente limitado y sólo restringida a ciertos aspectos, siendo básicamente limitaciones de orden económico la razón de ello.

En el caso de los organismos públicos, sus crónicas limitaciones presupuestarias –que con frecuencia no les permiten disponer siquiera de los planes de manejo y ordenamiento que demandan las áreas protegidas– tornan remota la posibilidad de costear proyectos de carácter experimental, como lo requiere el desarrollo y consolidación de las iniciativas descritas.

## artículos

En cuanto a las organizaciones no gubernamentales (ONG) vinculadas al área ambiental –con acceso a financiamientos internacionales– su mismo perfil las orienta a ocuparse de tópicos específicos (ecología, biodiversidad, conservación de especies, etc.), resultándoles un tanto ajenos los problemas constructivos.

Con relación al sector privado, la extrema desigualdad entre una reducida élite económica (interesadas en inversiones de rápida recuperación, con fácil acceso a bienes importados y ajena a la cultura de los procesos innovativos) y el resto de la gran masa de la población con un exiguo poder adquisitivo, tornan prácticamen-

te inexistente el área del mercado mínimo necesario para este tipo de proyectos.

Mientras, se continúa adelantando en los fundamentos teóricos para las intervenciones en esos biomas, avanzando en algunos desarrollos tecnológicos vinculados a ello, e ilustrando en la práctica (a pequeña escala) sus posibles aplicaciones. Lo anterior permitiría adelantar elementos en la búsqueda de fórmulas más racionales de ocupación, para cuando las condiciones sociales, políticas y económicas más sensibilizadas a la problemática así lo exijan y hagan factibles (Curiel, 2000c).

### Bibliografía

- Cilento, A. (1999): *Cambio de paradigma del hábitat*. Caracas, Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, IDEC.
- Curiel Carías, Ernesto C. 2000a. "Inconsecuencias del conocimiento científico en el campo del diseño", en *Inter ciencias*, vol. 25, n° 7, pp. 346-350.
- \_\_\_\_\_. 2000b. "La tesis del Tercer Mundo en la comprensión de la teoría general de los sistemas", en *Tribuna del Inversador*, vol. 7, n° 1, pp. 60-76.
- \_\_\_\_\_. 2000c. *Elementos para el diseño de edificaciones en paisajes de riberas*. Caracas, Ediciones Biblioteca FAU, UCV.
- \_\_\_\_\_. 1998a. "Lineamientos para un estudio de las edificaciones en formaciones de manglares", en *Inter ciencias*, vol. 23 - n° 5, sep-oct., pp. 275-279.
- \_\_\_\_\_. 1998b. "El desarrollo integral de los asentamientos rurales". *Tecnología y Construcción* (jul-dic), vol.14/II, pp. 39-46.
- \_\_\_\_\_. 1995 "Construcciones flotantes", en *Entre Rías*, año III, n° 12, pp. 8-9.
- \_\_\_\_\_. 1994a. Informe Técnico "Sistema Natural de Acondicionamiento Climático mediante la Inercia Térmica del Agua". Caracas, Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- \_\_\_\_\_. 1994b. Informe Técnico "Determinación del Coeficiente de Permeabilidad del Coral Artificial". Caracas, Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- \_\_\_\_\_. 1994c. "Estación de monitoreo y vigilancia", en "Arquitectura Hoy". *Economía Hoy*. Caracas, 27 de agosto.
- \_\_\_\_\_. 1994d. Patente de diseño Industrial: "Alojamiento Flotante". Registro de la Propiedad Industrial N. P. FP-01-00752. Ministerio de Fomento. Inscripción No. 00257.
- \_\_\_\_\_. 1993. "Las temperaturas superficiales de las aguas costeras del trópico como recurso bioclimático", en *Tecnología y Construcción*, n° 9, pp. 41-45.
- \_\_\_\_\_. 1989. "Una aplicación del Sistema SIFLEC", en *Espacio*, n° 3, pp. 46-49.
- \_\_\_\_\_. 1989. "Acondicionamiento ambiental", en *Tecnología y Construcción*, n° 5, pp. 93-98.
- \_\_\_\_\_. 1985. "Sistema de Módulos Acoplados para la Construcción de Plataformas Flotantes". Patente de Invención N° 3489. Registro N° 42. 943 Dir. Registro de la Propiedad Industrial. Ministerio de Fomento. Caracas.
- \_\_\_\_\_. 1982. "Arquitectura en regiones de Venezuela". (Trabajo de Ascenso). Caracas, mimeo. FAU-UCV.
- De Lisio, A. 1992. "La sustentabilidad: ¿Nuevo ambientalismo o viejo desarrollismo?". Caracas, CENAMB, UCV (mimeo).
- Gabaldón, A.J. 2000. "Apuntes del curso Desarrollo Sustentable. Maestría Ambiente y Desarrollo". Caracas, Universidad Simón Bolívar.
- Goodland, G.; Daly, H.; Serafy, S. y Droste, B. 1992. *Environmentally sustainable economic development: building on Brundland*. UNESCO.
- Hilbertz, W.H. 1979. Electrodeposition of minerals in seawater: experiments and applications. // *IEEE Journal on Oceanic Engineering*, vol. OE-4, n° 3.
- Hilbertz, W.H. 1991. "Solar-generated construction material from sea water to mitigate global warming". *Building Research and Information*, vol. 19, n° 4, pp. 242-255.
- Hillier, B. y Leaman, A. 1972. "A new approach to architectural research", *Ribaj*, Dec.
- Hinrichsen, D. 1994. "Coast under pressure". *People & The Planet*, vol. 3, n° 1, pp. 6-9.
- Kohr, Leopold. 1957. *Break Down*, Nueva York, Rinehart.
- Meadow, D., Dennis Meadow, et al., 1972. *The limits to growth*, New York, Universe Books.
- Naredo, José Manuel y Rueda, Salvador. 1998. *La ciudad sostenible*. Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Patrocinado por la Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Ministerio de Fomento.
- Ortega y Gasset, J. 1982. *Meditación de la técnica y otros ensayos*. Madrid, Alianza.
- PNUD - BID. 1992. *Nuestra propia agenda*. Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 1975. *A conceptual framework for environmentally sound and appropriate technologies*, Nairobi, UNEP.
- Rifkin, Jeremy. 1990. *Entropía*. Barcelona, Edic. Urano.
- Sachs, I. 1982. *Ecodesarrollo*. México, Edic. El Colegio de México.
- The World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. *Our Common Future Oxford New York*, Oxford University Press.