

## ***Hacia la aplicación de estrategias bioclimáticas con tecnologías sustentables***

FRANCISCO ÁLVAREZ PARTIDA

***Resumen:*** se propone una definición actual del concepto de lo bioclimático y establecer su importancia en el contexto actual del ámbito de la enseñanza en programas relacionados con la edificación y el espacio público; además, se hace una actualización de los referentes y se exploran los contenidos que se deben enseñar, cómo y con qué herramientas, y se presenta la propuesta que se maneja en el programa del posgrado en Proyecto y Edificación Sustentable del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO). Se concluye identificando los puntos de actualización, mejora y depuración, así como las aportaciones al campo y fijando una postura sobre la bioclimática.

***Palabras clave:*** bioclimática, confort higró-térmico, sustentabilidad, evaluación de tecnologías sustentables.

***Abstract:*** This chapter proposes an updated definition of the concept of bioclimatics and establishes its importance in the current context of teaching in programs that deal with construction and public spaces. The chapter also updates parameters and explores academic content: what should be taught, how it should be taught and with what tools. The proposal underlying ITESO's graduate program in Sustainable Projection and Construction is presented. The chapter finally identifies opportunities for renewal, improvement and fine-tuning; recognizes contributions to the field; and takes a stance on bioclimatics.

***Key words:*** Bioclimatics, hygrothermal comfort, sustainability, sustainable technology assessment.

La crisis de civilización (Leff, 2004, p.IX) ocasionada por una visión equivocada de la prevalencia del ser humano sobre la naturaleza y nuestra fe a ultranza en el conocimiento positivista y en la tecnología, aunado al aumento de la población y de sus expectativas de mejora en su calidad de vida, están teniendo como consecuencia una sobreexplotación de los recursos naturales disponibles, incluidos nuestros recursos energéticos derivados del petróleo, y un aumento en la cantidad y calidad de contaminación, más allá del que la naturaleza puede absorber; uno de cuyos efectos, más visibles y más peligrosos, es el cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos producidos por el sobrecalentamiento del planeta debido a nuestra alta emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero.

El hábitat, es decir nuestra forma de vivir es gran parte responsable de este problema, ya que la mitad de los recursos no renovables del planeta se utilizan en la construcción, incluyendo la energía. La edificación también contribuye con la producción de 50% de los gases de efecto invernadero (Edwards, 2010, p.IX).

Es en este contexto que se busca el uso más eficiente de nuestros recursos y el evitar la contaminación atmosférica, que el estudio de la bioclimática continua teniendo una especial relevancia en el campo del hábitat humano, por lo cual se hace la revisión de la propuesta actual en la universidad ITESO comparándola con el ámbito internacional y nacional.

## METODOLOGÍA

Se hace una investigación bibliográfica y telemática sobre el tema de bioclimatismo y su aplicación en la práctica profesional y en la enseñanza en las universidades, buscando las principales temáticas abordadas en este campo semántico y los principales referentes, así como las metodologías *software* y equipamiento empleados en la enseñanza del mismo. También se incluyó el análisis de los resultados del Coloquio Internacional de “Bioclimática en la Asociación de Universidades con-

fiadas a la Compañía de Jesús en América Latina (AUSJAL)” celebrado en la Universidad Iberoamericana en la Ciudad de México (Ibero), en otoño de 2015 a donde asistieron representantes de las universidades: Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia, la Universidad Rafael Landívar de Guatemala (URL), y de México las universidades Iberoamericanas de Tijuana, León, Puebla y Ciudad de México, la Universidad Loyola del Pacífico y el ITESO de Guadalajara.

Además se hace un análisis de la experiencia propia en el ITESO y de la producción de artículos, tesis y libros realizados a la fecha y próximos a publicarse. También se presentan la manera en que se aborda el tema en el pregrado y posgrado de los programas de la universidad.

## LA BIOCLIMÁTICA

El objetivo de la bioclimática es lograr el confort higrotérmico por medios naturales denominados estrategias bioclimáticas, como: buscar la mejor ubicación considerando el entorno natural y el construido, la forma óptima, la orientación más adecuada, la protección y captación solar y la eólica, la masa térmica, el enfriamiento evaporativo, etc., y el uso de sistemas pasivos como los muros trombe, invernaderos, pozos canadienses, etc. Algunos de estos sistemas se auxilian de pequeños motores para su funcionamiento y se denominan sistemas híbridos. Los sistemas mecánicos de aire acondicionado y calefacción se dejan como respaldo para situaciones que no se pueden solucionar con las estrategias anteriores.

La bioclimática puede definirse como lograr sensaciones térmicas de confort adecuadas a la actividad que realizamos en los espacios que habitamos, ya sea interiores o exteriores, de una manera eficiente en términos del uso de energía proveniente de fuentes fósiles, mediante el uso de sistemas sustentables.

El bioclimatismo forma parte de lo bioambiental, que incluye otros tipos de confort biológico como el visual, acústico, olfativo y el climá-

tico (Serra, 2004, p.14), con lo cual estaríamos hablando de una diferenciación entre ambos términos, que algunos autores no distinguen.

Por su parte Dulce María Barrios (Maya & Bournazou, 2012, p.95) establece además otros tipos de confort necesarios para lograr la habitabilidad: el psicológico, espiritual, social y el dado por la solidez y seguridad, que serían un tercer nivel de aspectos a tomar en cuenta, los cuales también quedan fuera de la bioclimática.

Por otro lado, la bioclimática forma parte de lo sustentable en la edificación; lo sustentable está dividido en varias dimensiones, de las cuales, las más importantes son la ambiental, la social y la económica; por lo tanto, las soluciones que se den como estrategias bioclimáticas tendrán varias opciones de sistemas o tecnologías para satisfacerlas, las cuales es necesario evaluar para seleccionar la más adecuada en términos de sustentabilidad. Es en este paso en donde se encuentra nuestra aportación en la materia.

Afortunadamente, a partir de los pronunciamientos del papa Francisco en su encíclica *Laudato si'* (Francisco, 2015), se ha dado un fuerte apalancamiento sobre el tema en los programas educativos.

De la problemática actual de sustentabilidad, el cambio climático y los eventos hidrometeorológicos extremos son sin duda los más apremiantes, por ser los que más comprometen nuestra viabilidad como especie en el planeta. Es por esta razón que los acuerdos alcanzados en la Conferencia de las Partes 21 (COP 21) (United Nations, 2015) son de una particular importancia del tema de la bioclimática ya que afectarán drásticamente nuestro hábitat, implicará acciones severas de mitigación en la producción de gases de efecto invernadero, así como en la adaptación tanto del hábitat existente como del nuevo el cual tendrá que responder a condiciones bioclimáticas más extremas, de oscilación térmica, olas de calor, etc., con una menor disponibilidad de recursos energéticos provenientes de fuentes tradicionales.

En el paradigma de la sustentabilidad, los problemas se abordan desde un punto de vista holístico y considerando una línea de tiempo

que abarca todo el ciclo de vida de los productos que elaboramos en este caso del hábitat, así como el resolver estos problemas con un enfoque participativo que busca el involucramiento en todos los procesos de las personas que tienen que ver con el mismo.

El campo de estudio de la bioclimática abarca otras disciplinas con las cuales hay que trabajar inter y transdisciplinariamente como la fisiología, climatología, termodinámica.

Además de lo anterior, existen intereses particulares del estudio de este campo que son propios de los alumnos y que también se exploran.

## LA BIOCLIMÁTICA EN EL MUNDO

Se puede considerar que el estudio de los principales temas de la bioclimática está presente en los programas de las escuelas de arquitectura y de algunas ingenierías en el mundo, aunque en algunas universidades estos estudios tienen una mayor importancia, sobre todo en posgrados, por citar algunos ejemplos tenemos a la Universidad de Cardiff en el Reino Unido, la Universidad del Oeste de Australia, en España varios Politécnicos como del Madrid, Valencia, y en México en la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, campus Azcapotzalco, la Universidad de Baja California, campus Mexicali; la Universidad de Sonora y la Universidad de Colima y la Universidad de Guadalajara.

Además, existe una publicación constante de artículos de varias universidades en el mundo que tratan sobre la bioclimática, lo cual pone de manifiesto la relevancia del tema. Por ejemplo, la Universidad Técnica de Riga en Letonia (Bondars, 2013), que asocia el tema con el de la arquitectura sustentable y discute su implementación en la práctica ya que no hay una correlación entre el diseño bioclimático y el entrenamiento en el diseño arquitectónico, algo que nos sucede también a nosotros; o la investigación conjunta entre la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Extremadura, la Escuela Politécnica Su-

perior de la Universidad de Huelva y la Unidad de Investigación para la Eficiencia Energética en Edificación que relaciona las energías renovables con la construcción bioclimática (López Rodríguez et al., 2011).

También se encontraron varios artículos que analizan el tema de la bioclimática en espacios públicos, fijándose en la morfología y materialidad de estos espacios (Del Castillo Oyarzún & Castillo Haeger, 2014), pero también en la aplicación de técnicas participativas para equilibrar soluciones bioclimáticas con los intereses de los beneficiarios (Martínez & Correa Cantaloube, 2015). La Universidad Técnica Gheorghe Asachi de Iasi, en Rumania, propone que el trabajo de bioclimática en el espacio público requiere un mayor esfuerzo de planeación y una mayor correlación de los equipos pluridisciplinares (Tundrea & Budesca, 2013).

El bioclimatismo también tiene importancia en los países de clima cálido, en donde se realizan investigaciones que van desde el desarrollo de cartas bioclimáticas para el diseño de edificios pasivos, realizada en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Sultán Qaboos en Omán (Al-Azri, Zurigat, & Al-Rawahi, 2013), la comparación entre la arquitectura vernácula y las casas típicas modernas, realizado entre la Universidad de Bechar y la Escuela Politécnica de Algeria (Fezzioui, Khoukhi, Dahou, Aït-Mokhtar & Larbi, 2009), o la búsqueda de la sustentabilidad a través del enfriamiento natural basado en el diseño bioclimático y la arquitectura tradicional, investigación conjunta de la Universidad Rey Fahd, de Arabia Saudita y la Nueva Escuela de Arquitectura y Diseño de San Diego en Estados Unidos (Arif Kamal & Al Shehad, 2014).

En México se publican artículos sobre el tema, por ejemplo, cómo se pasó de un modelo cuantitativo a uno cualitativo para la predicción del confort higrotérmico, utilizando el modelo adaptativo, investigación realizada en Universidad de Colima (Gómez Azpeitia, Bojorquez Morales & Ruiz Torres, 2007).

## REFERENTES

El bioclimatismo tiene sus orígenes en la antigua arquitectura solar desarrollada por un sinnúmero de culturas agrícolas tan importantes como la egipcia, griega, romana, inca, azteca y maya; para las cuales, ubicar con exactitud el inicio de los ciclos de siembra, era vital; de manera que desarrollaron calendarios y edificaciones que marcan los equinoccios y los solsticios (Rodríguez Viqueira, 2001, p.50).

Luego vendrían siglos de experimentación en las edificaciones que fueron logrando la arquitectura vernácula que respondían perfectamente a las condiciones climáticas de los lugares en donde se desarrollaban.

Como ejemplo Marco Vitrubio, en los diez libros de la arquitectura, libro sexto, menciona entre otras cosas que los edificios deben tener en cuenta la orientación y el clima en el que se van a construir, después dice que es necesario situar las distintas habitaciones y que se construyan con vistas al septentrión (Vitrubio, 1980).

En la era moderna, en la década de los años cincuenta, los hermanos Olgyay, de la Universidad de Princeton, en Estados Unidos, desarrollan el concepto de arquitectura bioclimática, basada en la observación de las plantas y el hábitat de los animales de una localidad (lo que actualmente se denominaría biomimetismo), en la observación de la arquitectura vernácula, formulaba un método que consistía en el análisis de datos climáticos, evaluación biológica de la sensación humana de la temperatura, para esas condiciones climáticas, determinando una zona de confort y zonas de incomodidad térmica que se solucionaban con algunos métodos de cálculo y tecnologías, para determinar la forma más adecuada de la edificación, la elección del lugar, la mejor orientación y la protección y captación solar y eólica, y un balance térmico adecuado que después se aplicaba al proyecto arquitectónico (Olgyay, 1998).

Los Olgyay se apoyaron en trabajos de C.P. Yaglou, Ellsworth Huntington y T. Bedford, que venían desarrollando desde la década de los

años veinte, el trabajo de los Olgyay se volvió un referente mundial en la década de los años setenta debido a la primera crisis petrolera.

Otro referente es Baruch Givoni, del Instituto de Tecnología de Israel, que en 1969 publicó su libro *Hombre, clima y arquitectura* (Givoni, 1969), y más recientemente en su libro *Consideraciones climáticas en la edificación y diseño urbano* (Givoni, 1998), basado en los trabajos de Víctor Olgyay, Povl Ole Fanger, Shin'ichi Tanabe, Michael Humphreys, Nigel Oseland, trabaja sobre la carta psicométrica de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) para temperaturas interiores en edificios y establece dentro de ella, una zona de confort y varias zonas en las que se puede restablecer este confort por medio de estrategias como la ventilación diurna o nocturna, el enfriamiento evaporativo directo e indirecto, etcétera.

También están Steven V. Szokolay, de la Universidad de Queensland, en Australia, quien tiene importantes estudios sobre el confort térmico basados en Olgyay y Givoni (Auliciems, A & Szokolay, 1997; Szokolay, 2008), y Andrew J. Marsh, de la Universidad del Oeste de Australia, desarrollador del programa Ecotec y de su implementación en el programa Revit de Autodesk.

Entre los referente mexicanos tenemos a David Morillón Gálvez, con más de una decena de libros publicados sobre el tema por mencionar algunos *El Atlas del bioclima en México* (Morillón, 2004), *Las recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano* (Morillón, 2005), y la más reciente, *Energía para el edificio sustentable* (Morillón & Morales, 2012) y casi una treintena de proyectos con impacto en la solución de problemas nacionales relacionados con la bioclimática, por mencionar algunos, Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, Secretaría de Energía y Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (elaboración), 1998, Norma Mexicana NMX-ES-001-NORMEX-2005, Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua: métodos de pruebas y

etiquetado, Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S.C. (participación), 2005 y Elaboración del capítulo de Sustentabilidad para el Código de Edificación de Vivienda, Código modelo que por ley aplicara en las ciudades del país, Comisión Nacional de Vivienda (Conavi), 2007.

Víctor Fuentes Freixanet autor del libro *Clima y arquitectura* (2004) y de los *Mapas bioclimáticos de la República Mexicana* (2014), también es coautor, junto con José Roberto García Chávez, del libro *Viento y la arquitectura* (García Chávez & Fuentes Freixanet, 1995) y ha colaborado en capítulos de varias otras obras. Fuentes Freixanet elaboró una metodología de análisis bioclimático adaptado al caso mexicano que, a grandes rasgos, consiste en la determinación de un objetivo, el análisis del entorno natural y artificial con énfasis en el aspecto climatológico y de geometría solar; el análisis de usuario en las áreas: física, psicológica y sociocultural para determinar las necesidades y requerimientos de bienestar y confort, y con ello las estrategias de diseño y los sistemas pasivos, híbridos y activos de acondicionamiento bioclimático para aplicarlos en el proyecto y evaluarlos en diferentes fases desde el anteproyecto hasta la finalización de la obra.

Manuel Rodríguez Viqueira coordinador del libro *Introducción a la arquitectura bioclimática* (2001) que hace una recopilación de las investigaciones desarrolladas hasta principios de siglo, principalmente dentro del laboratorio de investigaciones en arquitectura bioclimática de la División de Ciencias y Arte para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

Juan Raymundo Mayorga Cervantes autor del libro *Arquitectura y confort térmico* (2012), elabora un análisis exhaustivo de veintitrés variables de un modelo holístico de cálculo de confort térmico.

Ruth Lacomba es compiladora de dos libros de arquitectura: *Manual de arquitectura solar* (1991), y *Arquitectura solar y sustentabilidad* (2012), que tienen una guía para hacer estudio de balance térmico en edificaciones y elaborar y utilizar graficas solares de diferentes tipos

y cartas de análisis climatológico y recomendaciones de diseño bioclimático para los principales climas de México.

En Guadalajara tenemos a Silvia Arias Orozco y David Carlos Ávila Ramírez quienes tienen un par de libros sobre el bioclimatismo; *Análisis bioclimático en la ciudad de Guadalajara* (2004a) y *Diseño bioclimático en la arquitectura* (2004b).

## LÍNEA DEL TIEMPO DEL BIOCLIMATISMO EN MÉXICO

Se puede considerar que en México el aspecto bioclimático, inicia en 1967 con los estudios de Jauregui, para formular las “Recomendaciones bioclimáticas para el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)”.

En 1989, dentro de las normas del Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores (Infonavit) aparece el Manual para el diseño bioclimático y ecotécnicas en conjuntos habitacionales; el segundo aspecto en aparecer fue la eficiencia energética.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) inicia en 1992 un Programa de Auditorías Ambientales a nivel nacional y actualmente cuenta con certificaciones de impacto ambiental de edificios, que están relacionados con cuestiones bioclimáticas.

A partir de 1995, el tema del bioclimatismo se ve incluido dentro del tema de la sustentabilidad, cuando México constituye los Consejos Consultivos para el Desarrollo Sustentable, con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Consejo de la Tierra.

En 1997, la Secretaría de Energía publica la NOM-018-ENER-1997, aislantes térmicos para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba, que posteriormente se modificaría en 2011.

En 2001, la Comisión Nacional del Fomento a la Vivienda (Conafovi), hoy Comisión Nacional de Vivienda (Conavi) desarrolla un programa de vivienda sostenible con los siguientes objetivos:

- Adecuar la normatividad vigente en materia de vivienda hacia el cuidado del medio ambiente.
- Diseñar lineamientos que permitan definir y calificar a una vivienda como sustentable.
- Promover el intercambio y transferencia de tecnologías con organismos internacionales.
- Fomentar el uso de tecnologías novedosas que garanticen el cuidado al medio ambiente.
- Diseñar y desarrollar esquemas de incentivos fiscales dirigidos a los desarrolladores y usuarios de la vivienda.
- Llevar a cabo acciones de difusión para promover el uso de ecotecnologías.

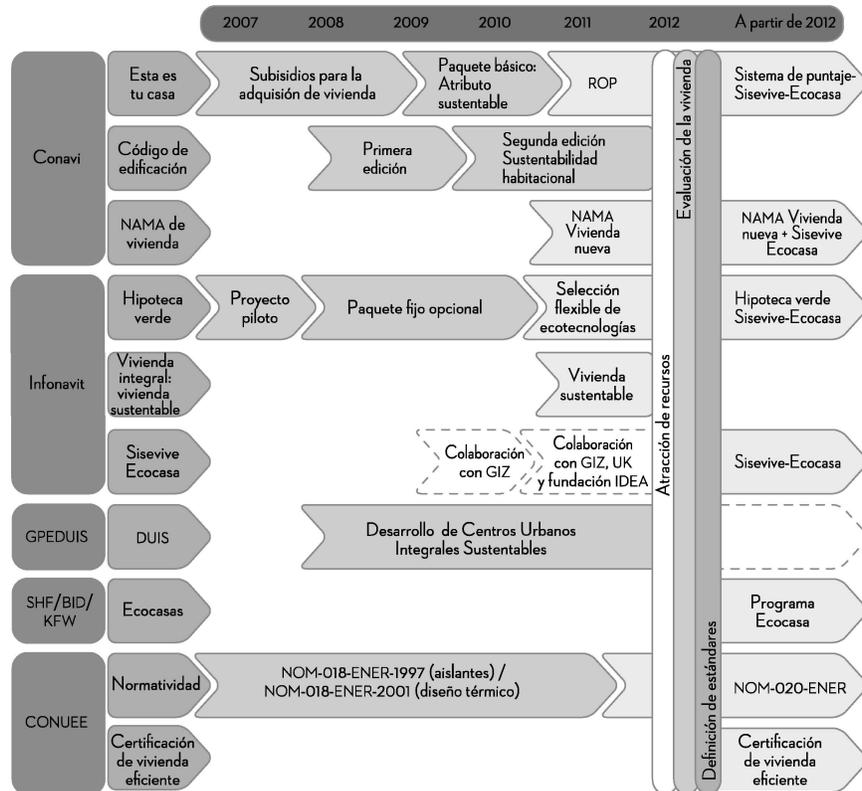
En este programa aparecen nuevos criterios de sustentabilidad, tales como: una adecuada arborización de conjuntos habitacionales y la aplicación de tecnologías básicas que contribuyan al uso eficiente de agua.

También en 2001, la Secretaría de Energía (Sener) publica la NOM-008-ENER, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.

En la Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable (Comisión Nacional de Vivienda, Instituto Nacional del Fondo de la Vivienda para los Trabajadores, Sociedad Hipotecaria Federal, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía & Comisión Nacional del Agua, 2013) se puede consultar el cronograma (véase la figura 11.1) con las principales acciones de vivienda sustentable en México realizadas entre 2007 y 2012.

En 2007 se publica la primera edición del Código de Edificación de la Vivienda, específicamente la parte VI, capítulo 27, trata sobre la sustentabilidad de la vivienda. Posteriormente en el 2010 se hizo una segunda edición que incluye un listado de todas las normas de sustentabilidad aplicables a la vivienda en México.

**FIGURA 11.1 CRONOLOGÍA DE LAS ACCIONES DE VIVIENDA SUSTENTABLE EN MÉXICO**



GPEDUIS: Grupo de Promoción y Evaluación de Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables.  
 CONUEE: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

Fuente: Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable.

También en 2007 el Infonavit pone en marcha su proyecto piloto de Hipoteca Verde, que después se convertiría en un paquete fijo opcional y en una selección flexible de ecotecnologías y actualmente es el programa Hipoteca Verde + Sistema de Evaluación de Vivienda Verde (Sisevive) + Ecocasa.

Ecocasa es un programa de la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), de cooperación financiera para la oferta de vivienda sustentable en México, financiado por el Banco de Desarrollo Alemán (KfW), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Comunidad Europea y el Fondo de Tecnología Limpia (CTF).

En 2008, la Conavi, la SHF y otras instituciones estatales inician la promoción de los Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS), que a partir de 2012 se convirtieron en Desarrollos Certificados (DC), que propone la migración de un modelo cuantitativo a uno cualitativo de vivienda en México.

En 2011 la Secretaría de Energía publica la NOM-020-ENER, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional, y la misma secretaría, lanza el Programa de Fomento a la Certificación de Productos, Procesos y Servicios, que establece que se otorgara la certificación de vivienda eficiente a las viviendas que cuenten con las siguientes condiciones, relacionadas con la bioclimática:

- Cumplimiento de la NOM-020-ENER.
- Los equipos cumplen con NOM-ENER Y DTESTTV.
  - Aire acondicionado: NOM-021-ENER/SCFI-2008, NOM-023-C-ENER-2010.
- Los materiales aislantes cumplen NOM-018-ENER-1997.

En 2011 y 2012, la Conavi, asesorada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) y la Agencia Internacional de Cooperación Alemana (GIZ), desarrolló la primera Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada (NAMA) en el sector de la vivienda social que proponen tres diferentes estándares de desempeño para las viviendas de las principales zonas bioclimáticas de México.

## HISTORIA DE LAS CLASES DE BIOCLIMATISMO EN EL DEPARTAMENTO DEL HÁBITAT Y DESARROLLO URBANO DEL ITESO

En la Escuela de Arquitectura del ITESO, varios temas del bioclimatismo, como las gráficas solares y el estudio de los aspectos climáticos del sitio, se impartían desde los primeros planes de estudios, pero fue en el plan de estudios 2AR, en la década de los años noventa, cuando abrí y comencé a impartir la optativa de bioclimatismo, que luego, en los planes de estudios 4AR de arquitectura y 2IC de Ingeniería Civil pasaría como contenido de la materia de Tecnologías Alternativas y Ecodiseño (TAE); en la actualidad solamente se imparte en el programa de arquitectura, aunque está abierto a todos los alumnos de la universidad. A partir de 2014, algunos temas de bioclimatismo se dan en la Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables.

## LA BIOCLIMÁTICA EN LOS PROGRAMAS ACTUALES DEL DEPARTAMENTO DEL HÁBITAT Y DESARROLLO URBANO DEL ITESO

Para el Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano (DHDU), la sustentabilidad es el marco a través del que se entienden las estrategias contemporáneas para el desarrollo. En la estructura curricular de la licenciatura de Arquitectura existe la asignatura de TAE. Algunas de las sesiones de TAE se dedican a temas de la bioclimática, los temas de sustentabilidad y bioclimática debieron quedar insertos transversalmente en otras materias, como en el caso del programa de Arquitectura de la Universidad Ibero en la Ciudad de México, en donde se localizaron los temas de la bioclimática que deberían verse en todas las materias del plan de estudios de Arquitectura, así como también las líneas temáticas del modelo educativo institucional (MEI), esto mismo debe hacerse en nuestro caso con el bioclimatismo y con la sustentabilidad en general.

Para terminar el pregrado los alumnos deben cursar la materia de Proyectos de Aplicación Profesional (PAP), en donde deben de poner en práctica los conocimientos y las capacidades aprendidas durante los primeros semestres, hacer su servicio social y elaborar su trabajo final de grado. Algunos de estos, PAP manejan temas de la bioclimática como el de Proyectos Estratégicos de Adaptación ante el Cambio Climático y el de Edificación y Vivienda.

En el posgrado dentro de la estructura curricular de la Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables (MPyES), la bioclimática funge como un elemento clave que se inserta en la estructura, a través de dos de las seis Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC), que articulan los posgrados. La LGAC 5, Desarrollo de Tecnología apropiada y la LGAC 6, Eficiencia en el uso de los recursos naturales y energéticos, abordan desde sus campos de aplicación y trabajos desarrollados la bioclimática de forma directa. En este posgrado existen varias asignaturas en donde se trata la bioclimática: la asignatura de Gestión de la Energía (GE) y la de Materiales y Sistemas de Edificación Sustentable (MySES), y en las materias de Investigación, Diseño e Invocación (IDI) para los alumnos que optan por el campo de la bioclimática en sus trabajos de obtención de grado.

Lo bioambiental y sus componentes forman parte del tema de la sustentabilidad en el hábitat y como tales pueden analizarse desde las tres dimensiones básicas de la sustentabilidad: ecológico-ambiental, sociocultural y económica. De aquí que sea necesario analizar las estrategias o propuestas que se planteen desde sus impactos en cada una de estas tres dimensiones.

En los IDI de los alumnos enfocados al tema de la bioclimática, se trabaja en proyectos de aplicación, en donde se pone en práctica la metodología antes descrita, realizando estudios de campo, buscando la participación de los involucrados en el proyecto, se elaboran entrevistas, visitas y talleres. Además se hacen mediciones en sitio mediante sensores, que corroboren la información recabada de fuentes biblio-

gráficas o telemáticas, que se analizan y sirven para fundamentar los proyectos realizados.

Con esta forma de abordar la bioclimática, se pretende dar una formación en diferentes niveles a los maestrantes, desde el conocer los aspectos que implica un análisis bioclimático, las estrategias de solución propuestas, las herramientas y el *software* disponible para calcularlas, la forma de evaluarlas o de seleccionar las más adecuadas en términos de la sustentabilidad, y por lo tanto conocer los impactos positivos y negativos que traerá su implementación. También se busca, a mediano y largo plazo, llegar a proponer políticas públicas, planes, reglamentos y leyes que redunden en una mejor edificación y con más calidad.

En la clase de Materiales y Sistemas de Edificación Sustentable (MySES), de la Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables (MPyES) se hace la selección de las propuestas más sustentables mediante la Técnica de Decisión Multicriterial Balanceada (TDMB), complementados con el Análisis Costo Beneficio (ACB) y el Análisis Costo Beneficio Social (ACBS), u otras metodologías similares, en aspectos como: impactos en el cambio climático (Gething & Puckett, 2013), uso eficiente de recursos, de la energía, contaminación, seguridad, salud, apropiación, durabilidad, adaptabilidad, costos, por mencionar algunos.

Cabe señalar que los trabajos en esta clase están orientados a complementar el Trabajo de Obtención de Grado (TOG) de las y los maestrantes. En la actualidad tenemos a cuatro maestrantes en el último año cuyo TOG tiene enfoque bioclimático, ellas están en la fase de proyecto de adecuación de viviendas existentes en diferentes contextos: rural, de interés social unifamiliar y multifamiliar y la cuarta con una escuela primaria.

## LA FORMA DE LOGRAR LA COMPETENCIA EN BIOCLIMÁTICA

La metodología utilizada para abordar el tema de la bioclimática se conforma a partir de varios autores, así como de la experiencia propia de los profesores de la materia, que está conformado por un equipo

multidisciplinario de arquitectos con maestrías en diferentes especialidades como la edificación sustentable, la bioclimática, la construcción con tierra; ingenieros con doctorados en economía, sustentabilidad, diseñadores con maestría en el análisis de ciclo de vida de los materiales y también hay economistas. En el pregrado la mayoría de los profesores están certificados como Leed Green Associate Professional (LEED-AP).

Como base de la metodología seguida, se pueden mencionar a Olgay, Givoni, Szokolay, Mahoney, Evans; a los mexicanos Morillón Gálvez, Fuentes Freixanet y Mayorga Cervantes entre otros. Mientras que para evaluar o seleccionar las tecnologías o sistemas utilizamos metodologías desarrolladas por nosotros mismos con base en la economía ambiental o ecológica de autores como Diego Azqueta (2002).

Para abordar la bioclimática, primeramente planteamos los objetivos y alcances del proyecto, hacemos el análisis del sitio: medio natural y ecosistema y medio artificial. Por otro lado hacemos el análisis del usuario y de sus requerimientos, así medio sociocultural y económico.

Con los análisis anteriores pasamos a las estrategias de diseño bioclimático que van desde las más sencillas, que no implican sobrecostos hasta las más tecnificadas, desde estrategias de ubicación, forma, distribución, análisis de albedo, protección y captación solar y eólica, hasta el empleo de sistemas de enfriamiento evaporativo directo, o radiante, trabajamos con la simulación del balance térmico (conducción, convección y radiación), para determinar materiales o aislamiento térmico. Asimismo se trabaja con sistemas pasivos, utilizando la clasificación de Givoni (1998, caps. 4 y 5), como de ganancia directa, muros de captación y almacenamiento, sistemas de ciclo convectivo, espacios solares, ventilación diurna, nocturna y radiante, torres de enfriamiento evaporativo, enfriamiento indirecto, la tierra como fuente de calefacción y frescura. También se busca implementar sistemas híbridos y activos, y se analizan las combinaciones de varios de ellos.

Utilizamos *software* como el Meteonorm, el Ecotect, ahora ya discontinuado, pero que está siendo incorporado por el Revit de Au-

todesk, con sus módulos de clima y asoleamiento, también estamos empleando el Bioclimatic Analysis Tool (BAT), Energy plus, Thermal Analysis Simulation (TAS) de Environmental Design Solutions Limited (EDSL), y estamos analizando el uso de otras herramientas como: Green Building Studio, Design builder, Meteodyn, este último para la simulación del viento, también utilizamos subprogramas (Applet's) como el Sun Seeker (Ajnaware Pty Ltd, 2015).

En otras universidades se detectó en uso de laboratorios de bioclimática en particular en el AUSJAL en los campus de la PUCE, la Universidad Rafael Landívar y la Universidad Iberoamericana Ciudad de México existen laboratorios de bioclimática, equipados con heliodones, túneles de viento y cielo artificial (en la Ibero), que sirven para reforzar el conocimiento de los alumnos con capacidades hápticas, así como también medios para demostrar el equipamiento de la universidad para atraer a los alumnos. Sin embargo en el ITESO se considera más conveniente la inversión en *software* más que en laboratorios.

Otro tema relacionado con la bioclimática es el trabajo en redes, para lo cual conformamos la red bioclimática de la AUSJAL y del Sistema de Universidades Jesuitas en México (SUJ) y estamos viendo la pertenencia de participar en la Red de Arquitectura Bioclimática<sup>1</sup> y en la Asociación Nacional de Energía Solar.<sup>2</sup>

Asimismo la participación en concursos como el Decatlón Solar Latinoamericano<sup>3</sup> que el próximo año tendrá lugar en nuestro país —para lo cual estamos conformando un equipo con la Ibero Ciudad de México— y que en 2015 se celebró en la ciudad de Cali, Colombia en donde la Universidad Javeriana de Cali del sistema AUSJAL integrante el equipo Calicivita<sup>4</sup> logró obtener el segundo lugar general.

1. [http://www.anes.org/anes/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=12](http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=12)

2. [www.anes.org/anes/index.php](http://www.anes.org/anes/index.php)

3. [www.solardecathlon2015.com.co/index.php/es/](http://www.solardecathlon2015.com.co/index.php/es/)

4. <http://www.solardecathlon2015.com.co/noticias/destacadas/item/643-cali-premia-la-casa-solar-mas-sostenible-del-mundo>

PUBLICACIONES Y ARTÍCULOS DE BIOCLIMÁTICA  
DEL DEPARTAMENTO DEL HÁBITAT  
Y DESARROLLO URBANO DEL ITESO

En el DHDU existen varias publicaciones relacionadas con la bioclimática primeramente está el libro de *Sistemas pasivos* (Castañeda Gallardo, Díaz Reynoso & González González, 1986), que es una recopilación bibliográfica utilizada como apoyo en las clases que impartían estos profesores. También existen un par de tesis de licenciatura *Proyecto de construcción de 10 viviendas bioclimáticas en Amayuelas de Abajo, España* (Gómez Ibarra Brun, 2005), *Recomendaciones Generales para el diseño bioclimático en Navojoa, Sonora México* (Gutiérrez Gómez, 2005) y a nivel posgrado se espera que el próximo año se presenten los trabajos de Brenda Lucero Sánchez Cisneros, *Propuesta para lograr el confort térmico en las aulas de la escuela primaria Domingo Becerra Rubio en Tepic, Nayarit*, 2014–2016; Ana Laura Herrera López, *Adecuación bioclimática en viviendas unifamiliares de interés social en el fraccionamiento Valle del Country, Tepic, Nayarit*, 2014–2016; Blanca Verania Lizárraga Estrada, *Tecnologías sustentables y estrategias de diseño para un prototipo de vivienda en la localidad rural Benito Juárez en Tepic, Nayarit*, 2014–2016 y Danyra Esmeralda Cayeros Robles, *Adecuación bioclimática y eficiencia hídrica para un edificio de Infonavit en Tepic, Nayarit*, 2014–2016.

En donde podemos observar las diferentes motivaciones para abordar la bioclimática: el ahorro económico, el ahorro de energía, la disminución del impacto ambiental, el confort, la salud y rescatar los saberes y la identidad cultural en relación con aspectos bioclimáticos de la vivienda rural, cabe señalar, que ellas se enfocan en vivienda ya construida la cual es un nicho muy importante para su trabajo en el futuro al terminar la maestría.

## CONCLUSIONES

La bioclimática se define como el logro de sensaciones térmicas de confort adecuadas a la actividad que realizamos en los espacios que habitamos ya sea interiores o exteriores, de una manera eficiente en términos del uso de energía proveniente de fuentes fósiles, mediante el uso de sistemas sustentables. Es una rama del conocimiento que apoya las estrategias conjuntas que se desarrollan en el campo de la arquitectura para lograr una aplicación y socialización del conocimiento en materia de sustentabilidad. Como parte importante de esta estrategia, la bioclimática se desarrolla de manera directa y consistente en la academia.

Se definió la metodología seguida y los programas de cómputo utilizados para tratar los temas de la bioclimática en el pregrado y el posgrado en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) y se retroalimentó con las metodologías y el *software* de las universidades en el mundo.

Existe interés en la bioclimática por parte de los alumnos de la licenciatura y el posgrado del ITESO, y este obedece a diferentes razones, entre las que se tienen detectadas: la economía, la calidad de vida (confort y salud) y el rescate cultural de los conocimientos bioclimáticos tradicionales.

En cuanto a la prospectiva deberá trabajarse con las líneas temáticas transversales de la bioclimática para cruzarse con las otras materias de los programas de estudio así como las líneas temáticas del Modelo Educativo Institucional que tienen relación con la bioclimática, también deberá trabajarse en aspectos como la bioclimática en espacios públicos y la bioclimática participativa.

Es fortalecer la vinculación y el intercambio de los homólogos de la red bioclimática en otras universidades, así como la participación en otras redes, buscando mejorar la calidad académica de nuestra institución.

## REFERENCIAS

- Ajnaware Pty Ltd. (2015). *Sun seeker 3D augmented reality viewer*. Recuperado el 18 de diciembre de 2015, de <https://itunes.apple.com/mx/app/sun-seeker-3d-augmented-reality/id330247123?mt=8>
- Al-Azri, N. A., Zurigat, Y. H. & Al-Rawahi, N. Z. (2013). Development of bioclimatic chart por passive building desing. *International Journal of Sustainable Energy*, 32(6), 713-723.
- Arias Orozco, S. & Ávila Ramírez, D. C. (2004a). *Análisis bioclimático de la ciudad de Guadalajara* (1a. ed.). Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Arias Orozco, S. & Ávila Ramírez, D. C. (2004b). Diseño bioclimático en la arquitectura. En *Climas semitemplados* (1a. ed.). Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Arif Kamal, M. & Al Shehad, T. (2014). Sustainability through natural cooling: bioclimatic desing and traditional architecture. *Study of Civil Engineering and Architecture (SCEA)*. Vol.3. Recuperado el 13 de agosto de 2016, de <http://www.seipub.org/scea/paperInfo.aspx?ID=13643#Abstract>
- Auliciems, A & Szokolay, S. V. (1997). *Thermal confort* (1a. ed.). Brisbane: Plea Notes. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de <http://plea-arch.org/wp-content/uploads/PLEA-NOTE-3-THERMAL-COMFORT.pdf>
- Azqueta, D. (2002). *Introducción a la economía ambiental*. Madrid: McGraw-Hill.
- Bondars, E. (2013). Implementing bioclimatic desing in sustainable architectural practice. *Architecture and Urban Planning*. Recuperado el 13 de agosto de 2016, de <http://search.proquest.com/openview/066f4dbd25ad920b84f4bb20f283c310/1?pq-origsite=gscholar>
- Castañeda Gallardo, A., Díaz Reynoso, J. & González González, A. (1986). *Sistemas pasivos. Aprovechamiento de la energía solar en espacios habitables (Recopilación bibliográfica) (Limitada)*. Guadalajara: ITESO.

- Comisión Nacional de Vivienda / Instituto Nacional del Fondo de la Vivienda para los Trabajadores / Sociedad Hipotecaria Federal / Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía / Comisión Nacional del Agua (2013). *Estrategia nacional para la vivienda sustentable. Componente ambiental de la sustentabilidad*. México: Fundación IDEA. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de [http://fundacionidea.org.mx/assets/files/F.IDEA\\_Estrategia%20vivienda%20sustentable%20\\_130311\\_FINAL.pdf](http://fundacionidea.org.mx/assets/files/F.IDEA_Estrategia%20vivienda%20sustentable%20_130311_FINAL.pdf)
- Del Castillo Oyarzún, M. & Castillo Haeger, C. (2014). Aproximación bioclimática para el diseño de espacios públicos, análisis inicial en distintas plazas chilenas. *Arquitectura y Urbanismo*, 35(3), 71-82.
- Edwards, B. (2010). *Rough guide to sustainability* (3a. ed.). Londres: RIBA.
- Fezzioui, N., Khoukhi, M., Dahou, Z., Aït-Mokhtar, K. & Larbi, S. (2009). Bioclimatic: architectural desing of Ksar de Kenadza: South-west Area of Algeria hot and Dry Climate. *Architectural Science Review*, 52(3), 221-228.
- Francisco, papa (2015, 24 de mayo). *Carta encíclica Laudato si' del santo padre Francisco sobre el cuidado de la casa común*. Ciudad del Vaticano. Recuperado el 13 de agosto de 2016, de [http://w2.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si.html](http://w2.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html)
- Fuentes Freixanet, V. (2004). *Clima y arquitectura* (1a. ed.). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Fuentes Freixanet, V. (2014). *Mapas bioclimáticos de la República Mexicana* (1a. ed.). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- García Chávez, J. R. & Fuentes Freixanet, V. (1995). *Viento y arquitectura. El viento como factor de diseño arquitectónico* (2a. ed.). México: Trillas.
- Gething, B. & Puckett, K. (2013). *Desing for climate change* (1a. ed.). Londres: RIBA.
- Givoni, B. (1969). *Man, climate and architecture*. Amsterdam / Nueva York: Elsevier.

- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design* (1a. ed.). EU: Van Nostrand Reinhold.
- Gómez Azpeitia, G., Bojorquez Morales, G. & Ruiz Torres, R. P. (2007, enero-junio). El confort térmico: Dos enfoques teóricos enfrentados. *Palapa Revista de Investigación Científica en Arquitectura*, 001, 45-57.
- Gómez Ibarra Brun, G. E. (2005). *Proyecto de construcción de 10 viviendas bioclimáticas en Amayuelas de Abajo, España*. “Tesis de licenciatura en Arquitectura, (modalidad Reporte Profesional)”. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO). Tlaquepaque, Jalisco, México.
- Gutiérrez Gómez, L. C. (2005). *Recomendaciones generales para el diseño bioclimático en Navojoa, Sonora, México*. “Tesis de licenciatura en Arquitectura”. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO). Tlaquepaque, Jalisco, México.
- Lacomba, R. (1991). *Manual de arquitectura solar* (1a. ed.). México: Trillas.
- Lacomba, R. (2012). *Arquitectura solar y sustentabilidad* (1a. ed.). México: Trillas.
- Leff, E. (2004). *Racionalidad Ambiental* (1a. ed.). Buenos Aires: Siglo XXI.
- López Rodríguez, F., Cuadras Blázquez, F., Segador Vegas, C., Ruiz Celma, A., García Sanz Calcedo, J., et al. (2011, abril-mayo). Edificio Peter: Un ejemplo de construcción bioclimática y de integración de energías renovables. *Dyna*, 86(2), 212-221.
- Martínez, C. F. & Correa Cantaloube, É. N. (2015). Diseño participativo de espacios urbanos bioclimáticos. *Experiencia en Mendoza (Argentina)*, 8(15), 40-59. Recuperado el 13 de agosto de 2016, de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/12434>
- Maya, E. & Bournazou, E. (2012). *La vivienda en México. Temas contemporáneos* (1a. ed., Vol.1). México: UNAM.
- Mayorga Cervantes, J. R. (2012). *Arquitectura y confort térmico. Teoría, cálculo y ejercicios* (1a. ed.). México: Plaza y Valdés.

- Morillón, D. (2004). *Atlas del bioclima en México*. México: UNAM.
- Morillón, D. (2005). *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano*. México: FCE.
- Morillón, D. & Morales, J. D. (2012). *Energía para el edificio sustentable*. México: Terracota.
- Olgyay, V. (1998). *Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: GG.
- Rodríguez Viqueira, M. (2001). *Introducción a la arquitectura bioclimática* (1a. ed.). México: LIMUSA.
- Serra, R. (2004). *Arquitectura y climas* (1a ed.). Barcelona: GG.
- Szokolay, S. V. (2008). *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design* (2a. ed.). Oxford / Reino Unido / Burlington / Massachusetts: Architectural Press. Recuperado el 13 de agosto de 2016, de <https://www.amazon.com/Introduction-Architectural-Science-Steven-Szokolay/dp/0750687045>
- Tundrea, H. & Budescu, M. (2013). Bioclimatic architecture, a sensible and logical approach towards the future of building development. *Buletinul Institutului Politehnic Din Lasi*. Tomo LIX (LXIII), Fasc.6, 109–117). Rumania: Technical University of Lasi.
- United Nations (2015). *Convención Marco sobre el Cambio Climático* (p. 40). París, Francia: Naciones Unidas. Recuperado el 13 de agosto de 2016, de <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf>
- Vitrubio, M. L. (1980). *Los diez libros de la arquitectura* (1a. ed.). Barcelona: Iberia.