

SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

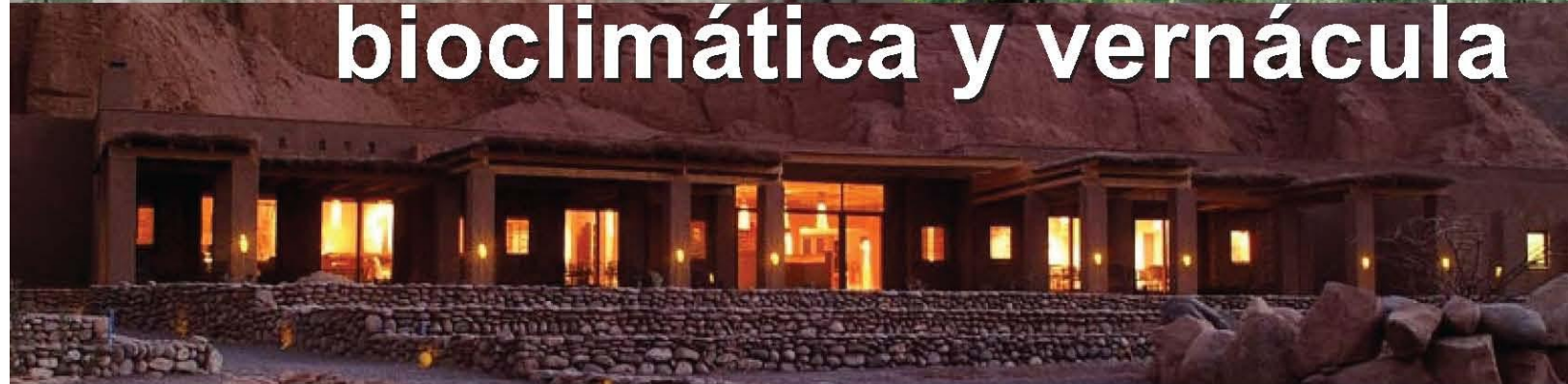


conalep

Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica



# Arquitectura bioclimática y vernácula



PT y PT-B  
en Construcción

**giz**

Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

## MD 4:

# Arquitectura bioclimática y vernácula

## Índice

<b>4.1 Clima y bioclima .....</b>	<b>5</b>
4.1.1 Clima .....	5
4.1.1.1 Elementos del clima .....	6
4.1.1.2 Factores del clima .....	15
4.1.1.3 Clasificaciones climáticas .....	18
4.1.1.4 Bioclima .....	21
4.1.2 Geometría solar .....	27
4.1.2.1 Trayectoria solar .....	29
4.1.2.2 Orientación .....	30
<b>4.2 Arquitectura bioclimática y arquitectura vernácula.....</b>	<b>32</b>
4.2.1 ¿Qué es la arquitectura bioclimática? .....	33
4.2.1.1 Metodología de diseño .....	33
4.2.1.2 Soluciones bioclimáticas .....	34
4.2.1.3 Confort humano .....	36
4.2.1.4 Zonas climáticas.....	37
4.2.1.5 ¿Qué es la arquitectura vernácula?.....	40
4.2.2 Ejemplos de arquitectura bioclimática .....	41
4.2.2.1 Ejemplos de arquitectura vernácula en México.....	43
4.2.2.2 Ejemplos de arquitectura bioclimática en el mundo.....	53



## Abreviaturas

Alt.	Altitud
CEV	Código de Edificación de Vivienda
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
CONAFOVI	Comisión Nacional para el Fomento de la Vivienda
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONALEP	Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica
CONAVI	Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
Lat.	Latitud
Long.	Longitud
mm/año	Milímetros anuales
mm/h	Milímetros por hora
msnm	metros sobre el nivel del mar
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SMN	Servicio Meteorológico Nacional

## 4.1 Clima y bioclima

Tal vez ya te preguntaste qué es el clima y para qué nos sirve conocerlo. ¿Sabes con qué factores y elementos se conforma un clima o cómo afecta la vida humana? ¿Por qué le llamamos *arquitectura bioclimática* y no *arquitectura climática*? Además de responder a estas preguntas, al finalizar la revisión del capítulo, conocerás los pasos que normalmente se siguen para diseñar una edificación bioclimática.

### 4.1.1 Clima

El **clima** es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan a una región por un período de tiempo largo. La caracterización de un clima, se realiza mediante la recopilación y organización metódica de los datos atmosféricos de varias décadas.

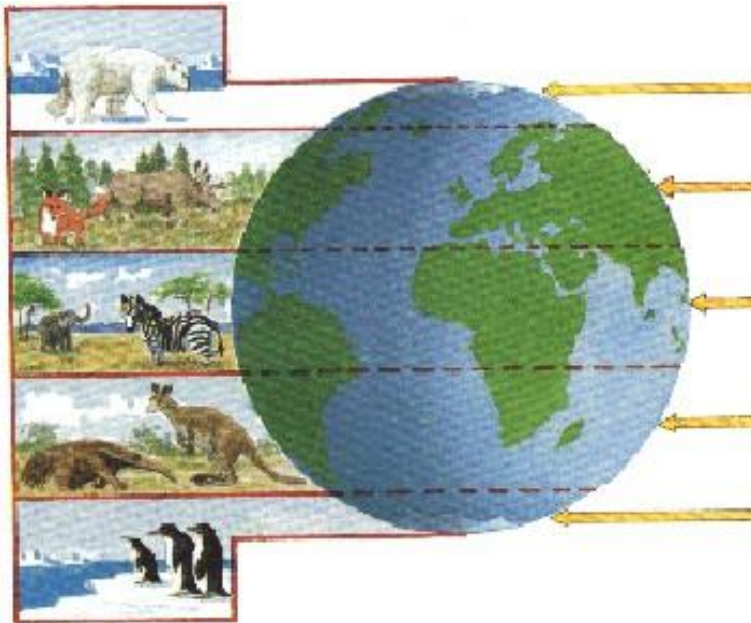


Figura 1: Climas en el mundo

La República Mexicana presenta un gran variedad de climas: secos en el norte; cálido húmedos y subhúmedos en el sur y sureste; así como climas fríos, semifríos y templados en las regiones altas.<sup>1</sup> Para su estudio, se les ha agrupado en grupos y subgrupos de climas, que abarcan grandes regiones.

El clima de una región es definido por una serie de elementos y factores. Los principales **elementos del clima**, y son, entre otros: temperatura; precipitación y humedad; dirección y fuerza del viento, presión atmosférica, nubosidad e insola-

ción. Las características geográficas o factores del clima, son: latitud, longitud, altitud, relieve, distribución de tierras y aguas, continentalidad.

<sup>1</sup>INEGI. *Climatología* [Sitio del INEGI en Internet] INEGI, México, <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/clima/default.aspx>>. [Consulta: 2012].

El **tiempo** es el objeto de estudio de la meteorología y puede ser considerado como el "estado específico de los diversos elementos atmosféricos en un momento determinado<sup>2</sup>".

### Actividad 1: Clima y tiempo

¿Conoces cuál es la temperatura promedio de tu ciudad?

¿Sabías cuál es la diferencia entre clima y tiempo?

Recuerda algún pronóstico meteorológico que hayas escuchado en la radio ¿de qué elementos del clima hablaba?

#### 4.1.1.1 Elementos del clima

Como ya vimos, el clima es el resultado de numerosos factores y elementos que actúan conjuntamente. Los accidentes geográficos: montañas y aguas, influyen decisivamente en sus características.

Para determinar estas características podemos considerar como esenciales un reducido grupo de elementos: la temperatura, la humedad y la presión del aire. Sus combinaciones definen tanto el tiempo meteorológico de un momento concreto como el clima de una zona de la Tierra.

#### Temperatura

La temperatura es el elemento del clima más importante al momento de delimitar las zonas climáticas. La temperatura que medimos, no está precisamente en el aire, sino en el agua que se encuentra suspendida en el mismo.

---

<sup>2</sup> INEGI, *Guía para la interpretación de cartografía climatológica* [documento en línea], Aguascalientes, 2005, <[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)>. [Consulta: 2012].

El confort térmico, es en términos simples, la ausencia de incomodidad con respecto a la temperatura del ambiente. Cuando la temperatura es demasiado baja, sentimos frío; cuando es alta, sentimos calor.



Imagen 1: La temperatura es el resultado de la acción de los rayos del sol sobre la tierra

Las variaciones en la temperatura se deben, principalmente, al balance entre la energía radiante procedente del sol y la energía que irradia la tierra, la proximidad al mar o a cuerpos de agua, la latitud y la altitud. Mantiene también una estrecha relación con la presión atmosférica, las zonas más cálidas tienden a tener menor presión y las frías una mayor.

La temperatura no es estable, varía a lo largo del día: la temperatura máxima suele darse entre las 14:00 y las 16:00 horas, mientras que la temperatura mínima, se presenta entre las 6:00 y 8:00 horas. El instrumento que se utiliza para medir la temperatura se llama termómetro y las escalas más comunes para dimensionarla son la Kelvin (K), la Centígrada ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ). La escala Kelvin es la más utilizada a nivel internacional, y se refiere a magnitudes de temperatura absolutas, por lo que no se usa la denominación de *grados*; es decir, 23 K, no son *veintitrés grados Kelvin*, sino *veintitrés Kelvin*. La que sigue en uso, para México, es la Centígrada, en esta escala se presentan las temperaturas en los datos meteorológicos. La escala Fahrenheit, pertenece al Sistema Inglés de Unidades de medida, se comúnmente en los países de habla inglesa.

La conversión de grados Centígrados (o Celsius) a grados Fahrenheit se obtiene multiplicando la temperatura en Celsius por 1.8 y sumándole 32. Para convertir los grados Fahrenheit a Celsius, se restan 32, y se dividen entre 1.8

Tabla 1: Conversión de temperaturas	
Centígrados a Kelvin	$K = ^{\circ}\text{C} + 273.15$
Kelvin a Centígrados	$^{\circ}\text{C} = K - 273.15$
Centígrados a Fahrenheit	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1.8$
Fahrenheit a Centígrados	$^{\circ}\text{F} = 32 + (1.8 \times ^{\circ}\text{C})$

Tabla 2: Clasificación de la lluvia según intensidad media por hora	
Clase	(mm/h)
Débil	<2
Moderada	2 - 15
Fuerte	15 - 30
Muy fuerte	30 – 60
Torrencial	> 60

Tabla 3: Clasificación anual de lluvias	
Clase	(mm anuales)
Escasas	200-500
Normales	500-1,000
Abundantes	1,000-2,000
Muy abundantes	2,000 <

### Precipitaciones

Las precipitaciones, son las caídas de agua procedentes de las nubes hacia la tierra. Cuando el agua cae en estado líquido se le conoce como lluvia, en estado sólido y suave, se le conoce como nieve; en estado sólido y compacto se le conoce como granizo.

Las precipitaciones son parte del ciclo del agua y varían según las estaciones del año y la región del planeta en donde se observen.

Para efectos de estudios climáticos, la que tiene mayor importancia es la lluvia, también conocida como precipitación pluvial; ésta se relaciona con otros elementos atmosféricos, como la presión, la temperatura y la humedad.

De las lluvias se mide el total anual, la frecuencia, la intensidad y duración de las mismas. El total anual se mide en “milímetros al año” y los instrumentos para su medición son el pluviómetro y el fluviógrafo.

Las causas que influyen en la distribución de precipitaciones en el planeta son la proximidad al mar, que aumenta la humedad del aire, y las corrientes ascendentes de aire, como las que obligan a realizar las cordilleras, sobre las cuales las precipitaciones son más numerosas e intensas en la ladera enfrentada a los vientos más frecuentes, o barlovento<sup>3</sup>.



Figura 2: Lluvia, nieve, granizo

3 ASTRO MÍA, «Glosario de Astronomía», en *Astronomía: Tierra, Sistema Solar y Universo*, [en línea], s. l., s. a., <<http://www.astromia.com>>. [Consulta: 2012].



La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie ( $m^2$ ), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm o  $l/m^2$ . Nótese que 1 milímetro de agua de lluvia equivale a  $1 L/m^2$ . O sea, el agua que se acumularía en una superficie horizontal e impermeable durante el tiempo que dure la precipitación o sólo en una parte del periodo de la misma.

## Humedad

Es el contenido de vapor de agua del aire<sup>4</sup>. Este vapor proviene de la evaporación de los grandes cuerpos de agua (mares y océanos), de masas de agua menores (ríos, lagos, arroyos); de la evapotranspiración del suelo, de las plantas y de las exhalaciones de los seres vivos.

Para su estudio, se distinguen tres tipos de humedad<sup>5</sup>:

- **Absoluta.** Es la masa total de agua existente en el aire por unidades de volumen; se expresa en gramos por metro cúbico de aire ( $g/m^3$ ).
- **Específica.** Se refiere a la masa de vapor de agua en un kilogramo de aire húmedo; se expresa en gramos de agua por kilogramo de aire ( $g/kg$ ).
- **Relativa.** Es el porcentaje de vapor de agua real existente en la atmósfera y la máxima cantidad de agua que potencialmente pudiera contener la atmósfera a la misma temperatura; se expresa en porcentajes (%).



Imagen 2: Humedad en el aire

Se conoce como confort hídrico a la comodidad con la humedad del ambiente. Cuando la humedad relativa es baja, la piel se reseca, sentimos más sed; cuando es alta, sentimos bochorno, porque no podemos sudar adecuadamente y el sudor nos ayuda a regular la temperatura de nuestro organismo.

4 SMN, «Glosario de términos», Sitio web de CONAGUA [en línea], México, s. a., <http://www.conagua.gob.mx> [Consulta: 2012].

5 ASTRO MÍA, op. cit. [Consulta: 2012].

## Actividad 2: Temperatura y precipitación

¿Por qué es importante conocer la temperatura de una región al momento de construir?

¿Para qué crees que sirva conocer la cantidad de lluvia cuando se está diseñando un edificio?

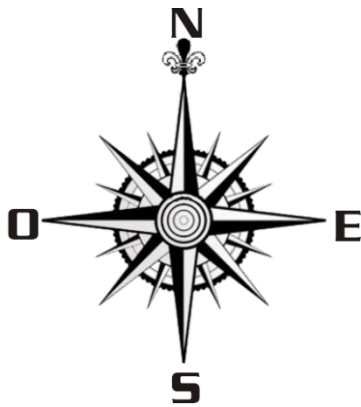


Figura 3: Rosa de los vientos

### Viento

Es el aire en movimiento horizontal, con respecto a la superficie de la tierra<sup>7</sup>. En la tierra, los vientos se generan, principalmente, por las diferencias de presión y temperatura del aire que provoca efecto del sol en la superficie terrestre y las grandes masas de agua. Cuando las temperaturas de regiones adyacentes difieren, el aire más caliente tiende a ascender y a soplar sobre el aire más frío y, por tanto, más pesado<sup>8</sup>.

La humedad absoluta y la específica aumentan paralelamente a la temperatura, mientras que la variación de la humedad relativa es inversamente proporcional a la temperatura, al menos en las capas bajas de la atmósfera, donde su valor mínimo corresponde a las horas de mayor calor, y el máximo a las madrugadas<sup>6</sup>.

Las medidas de humedad, se toman típicamente con un higrómetro, aunque esto también puede hacerse con un higroscopio o con un psicrómetro; este último considera tanto la humedad como la temperatura.

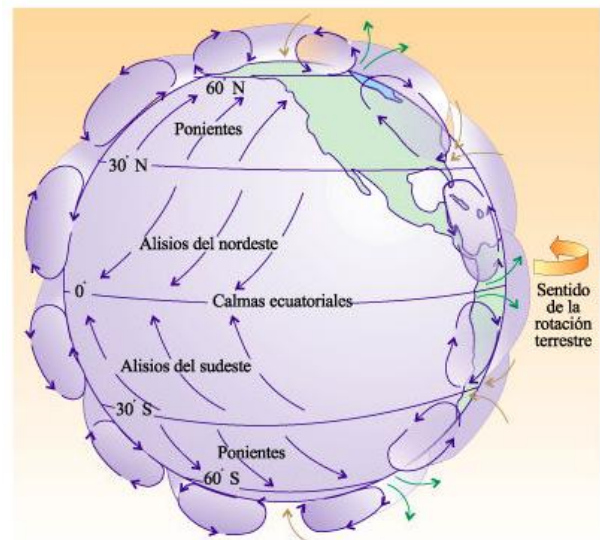


Figura 4: Circulación global de vientos

<sup>6</sup> Ibíd.

<sup>7</sup> SMN, op. cit., s. a.

<sup>8</sup> ASTRO MÍA, op. cit., s. a.

Los cinturones de corrientes de aire que recorren la superficie de la Tierra, determinan los patrones principales de distribución de vientos y precipitaciones<sup>9</sup>.

Para efectos de diseño, lo que nos interesa del viento es su dirección y velocidad, para medirlas se emplean veletas y anemómetros, respectivamente. La dirección se asigna conforme la rosa de los vientos y la velocidad se mide en metros sobre segundo (m/s).

Los vientos pueden clasificarse en cuatro clases principales: dominantes, estacionales, locales y, por último, ciclónicos y anticiclónicos. De estos, los que más interesan a la arquitectura son los dominantes y los locales.

### Presión atmosférica

Es quizá el elemento del clima más difícil de medir. Se refiere a la presión que ejerce la atmósfera en un punto específico como consecuencia de la acción de la fuerza de gravedad sobre la columna de aire que se encuentra encima de este punto<sup>10</sup>.

La presión atmosférica varía constantemente, y en conjunto con otros elementos meteorológicos, como la temperatura o la densidad del aire; además de ser afectada por la altitud. Cuando el aire está caliente, tiende a subir y la presión disminuye, sucede lo contrario cuando el aire se enfría, se hace más denso y aumenta la presión.



Figura 5: Presión atmosférica

La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el Sistema Internacional de unidades (SI), la presión se expresa en Newton por metro cuadrado;  $N/m^2$  cuadrado equivale a un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional. El instrumento con el que se mide la presión atmosférica, es el barómetro.

9 CURTIS, Helena, Sue Barnes, *Biología*, Editorial Médica Panamericana, Argentina, 2012  
10 SMN, op. cit., s. a.

*Presión atmosférica y respiración humana.* La proporción de oxígeno en el aire es constante (21%) como la de los otros gases que componen la atmósfera y no se reduce a grandes alturas, pero si decrece la presión parcial de oxígeno, teniendo como consecuencia que disminuye el número de moléculas de oxígeno por metro cúbico de aire<sup>11</sup>

Esta disminución de la presión parcial de oxígeno, al reducir la transferencia del gas del aire inspirado a la sangre provoca varias reacciones en el organismo:

–Aumenta la velocidad de la respiración y el volumen de aire inspirado produciéndose una hiperventilación.

–Se incrementa el ritmo cardíaco y el flujo de salida de la sangre.

–El organismo produce más glóbulos rojos y hemoglobina para mejorar la capacidad del transporte de oxígeno de la sangre. El incremento del número de glóbulos rojos requiere 38 semanas, y el aumento de hemoglobina se produce en 2 ó 3 meses.

### **Nubosidad**

Es la proporción del cielo cubierta por nubes, suele expresarse en octas, que son “octavos de cielo cubierto”. En general, el número de días despejados aumenta de sur a norte, y de este a oeste<sup>12</sup>; también hay más días despejados en invierno y suelen ser menos en el verano.

La nubosidad puede registrarse con un heliógrafo y con cámaras u observación directa.

### **Actividad 3: Humedad, viento y presión**

Comenta con tus compañeros y profesor:

¿Qué es confort hídrico?

¿Para qué crees que sirve conocer la dirección y fuerza de los vientos cuando se diseña?

¿Por qué es importante conocer la presión atmosférica?

11 KENT, Victoria, «Efectos de la presión sobre los humanos», en *El rincón de la ciencia*, [en línea], 2012, <<http://centros5.pntic.mec.es>>. [Consulta: 2012]

12 EDUCAPLUS, «Nubosidad», en *Climatic*, [en línea] España, 2009, <[www.educaplus.org](http://www.educaplus.org)>. [Consulta: 2012]



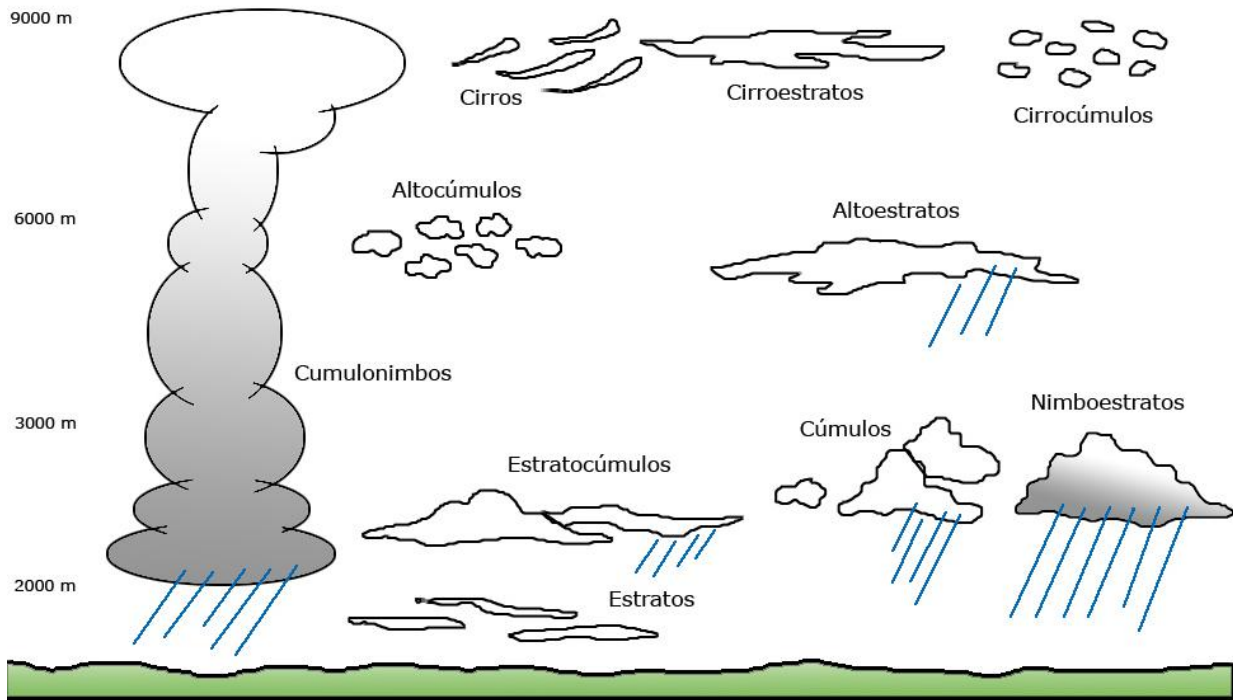


Figura 6: Tipos de nubes

Durante la observación, el cielo se fracciona en octas (u octavos) y se divide entre la parte cubierta y la libre de nubes. Con el heliógrafo podemos saber los períodos de tiempo en los que el cielo ha estado cubierto, con las cámaras y la observación conocemos el tipo de nubes y la porción del cielo que está descubierta.

Una **nube** es una aglomeración de pequeñas gotas de agua en estado líquido –sobreenfriada o congelada– suspendidas en el aire. La Organización Meteorológica Mundial ha definido 10 géneros de nubes, cada uno de los cuáles tiene forma distinta y puede ser asociado a diferentes hidrometeoros o fotometeoros<sup>13</sup>.

Las nubes son el resultado de la condensación del agua que flota en la atmósfera, se distinguen cuatro grupos principales de ellas: altas, medias, bajas y de desarrollo vertical.

<sup>13</sup> SMN, op. cit., s. a..

Conocer la nubosidad –junto con la insolación–, nos sirve para saber si podemos aprovechar estrategias de calentamiento directo o algunas ecotecnologías que dependen directamente de la luz solar, también para identificar el potencial de iluminación natural de la región.

Observar el cielo y el tipo de nubes que pueblan el cielo, nos sirve para pronosticar cambios en el estado del tiempo (ver Figura 6). Por ejemplo, la presencia de cirrocúmulos indica un descenso de temperatura y lluvias intensas; los cirrostratos pueden indicar que se acerca un frente cálido.

### Insolación

La insolación, es la cantidad total de radiación solar (directa y reflejada) que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup>, para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar<sup>14</sup>.

El ángulo con el que inciden los rayos del sol sobre una superficie, determina la cantidad de energía que esta recibe. Si los rayos no llegan de forma perpendicular a la superficie, la cantidad de energía que ese cuerpo reciba, será menor<sup>15</sup>. Es por ello que en una edificación, las azoteas planas reciben mayor cantidad de energía que los muros, por ejemplo.

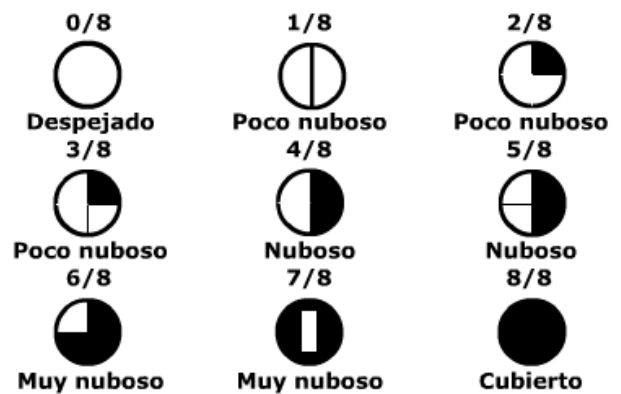


Figura 7: Representación de la nubosidad

#### Actividad 4: Nubosidad e insolación

Salgan a observar el cielo, con la ayuda de la Figura 7 respondan ¿Está despejado, poco nuboso, cubierto? Anoten la hora del día, registren su resultado e intenten repetir la actividad una vez más, en otro horario para encontrar diferencias. Comenten sus experiencias en clase.

¿Por qué gana más calor una azotea que un muro?

14 GASQUET, Héctor, *Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica*, [en línea], México, ENALMEX, 2012, <www.enalmex.com>.[Consulta:2012]

15 MAZRIA, Edward, *El libro de la energía solar pasiva*, México, Gili, 1989.

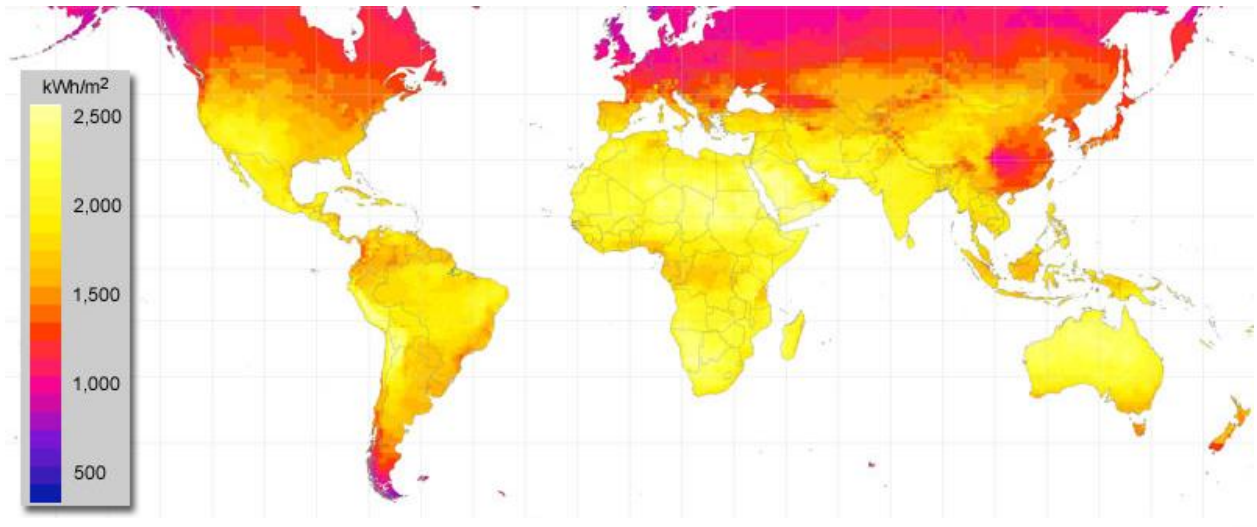


Figura 8: Mapa mundial de insolación total anual

Dada la importancia que tiene el sol para el clima y el diseño bioclimático, se tratará más ampliamente en el título 4.1.2 «Geometría solar», en la página 27 de este Material Didáctico.

#### Actividad 5: Coordenadas geográficas

En el mapa de la Figura 20, localicen las ciudades enlistadas en la Actividad 10: Ubicación de ciudades y climas», con las coordenadas que se les proporcionan.

#### 4.1.1.2 Factores del clima

En la distribución de las zonas climáticas de la Tierra intervienen lo que se ha denominado factores climáticos, tales como la latitud, altitud y localización de un lugar (longitud); también influyen el relieve y la continentalidad. La conjugación de todos estos factores, tendrá una influencia contundente en el comportamiento de los elementos del clima<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Estas definiciones se elaboraron con base en la información contenida en los glosarios [en línea] de INE, INEGI, SEMARNAT, Educaplus y Astro Mía. [Consulta:2012]

## Latitud

Corresponde a la distancia —expresada en grados, minutos o segundos— entre cualquier punto de la tierra y el ecuador. Ella puede ser norte o sur, dependiendo si el lugar se encuentra situado al norte o al sur, respectivamente, del ecuador.

A menor latitud, más cercanía al ecuador; y temperaturas medias más altas. Es decir, a medida que nos alejamos del ecuador existen menores temperaturas promedio y disminuyen las precipitaciones promedio en forma de chubasco.

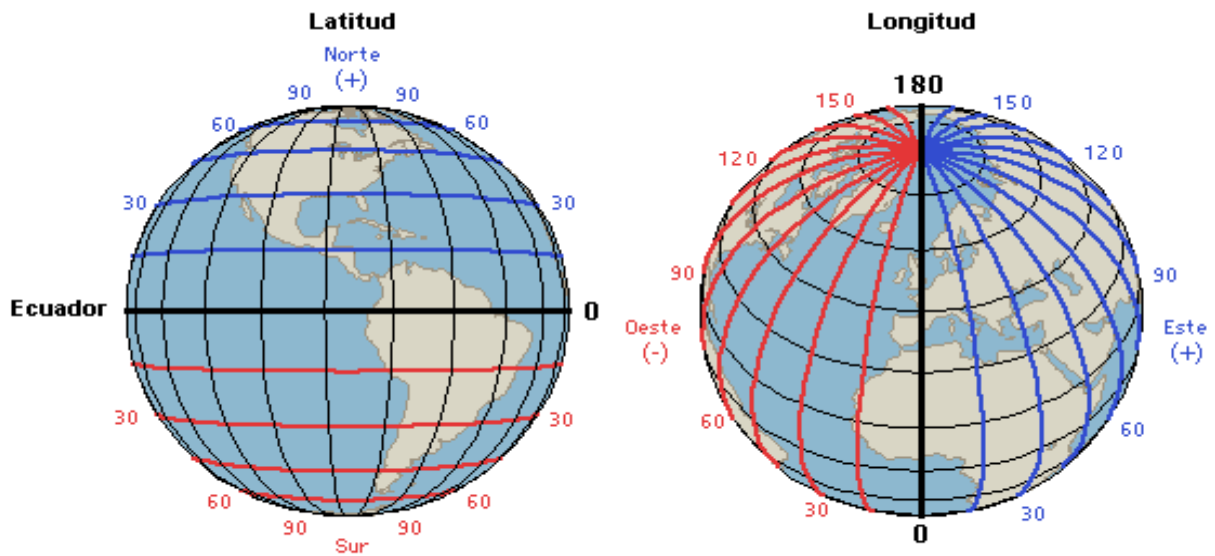


Figura 9: Latitud y longitud

## Longitud

La longitud mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud 0 en la mayoría de las sociedades. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos. Todos los puntos ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud. Aquellos que se encuentran al este del Meridiano Cero reciben la denominación Este (E). Aquellos que se encuentran al oeste del Meridiano Cero reciben la denominación Oeste (O). Se mide de 0° a 180°<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> EDUCAPLUS, «Latitud y longitud», en *Climatic*, [en línea] España, 2009, <www.educaplus.org>. [Consulta:2012]



## Altitud

La altitud respecto al nivel del mar influye en el mayor o menor calentamiento de las masas de aire. Es más cálido el que está más próximo a la superficie terrestre, disminuyendo su temperatura progresivamente a medida que nos elevamos, unos 6,4º C. cada 1.000 metros de altitud.

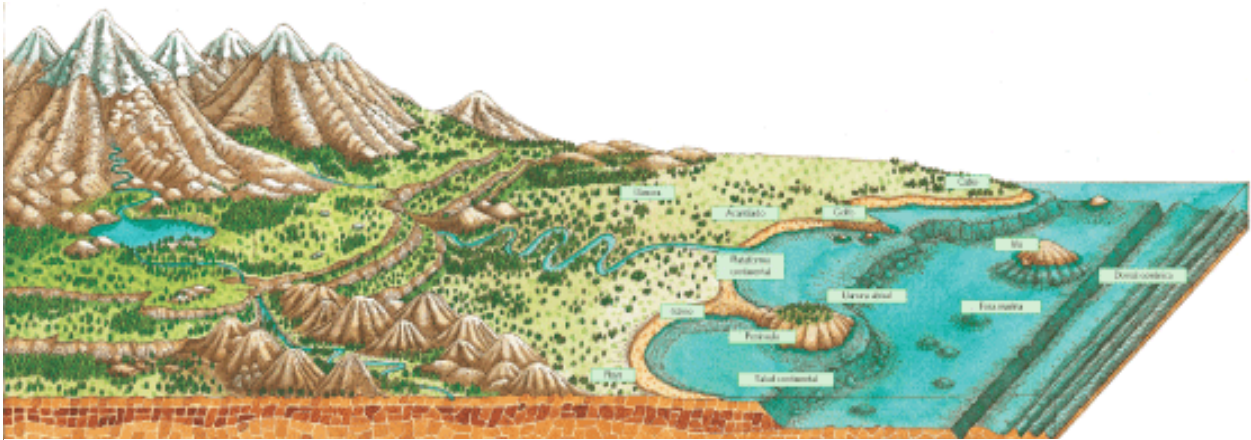


Figura 10: Relieve continental

## Continentalidad

La situación de un lugar, en las costas o en el interior de los continentes, será un factor a tener en cuenta a la hora de establecer el clima de una zona, sabiendo que las aguas se calientan y enfrían más lentamente que la tierra, los mares y océanos suavizan las temperaturas extremas tanto en invierno como en verano, el mar es un regulador térmico.

## Relieve

Son las formas distintas que presenta la corteza terrestre. El macrorrelieve de la tierra se ha formado principalmente por el desplazamiento de las placas de la tierra que hacen que se formen alteraciones de la superficie terrestre. Otro factor que ayuda a la formación de distintos relieves, son los vientos.

### Actividad 6: Factores del clima

Respondan en grupo, con ayuda del profesor.

- 
- ¿Para qué nos sirve una coordenada? ¿qué relación tiene con la latitud y la longitud?
- ¿Qué relación tiene la cercanía al mar con el comportamiento del clima?
- ¿Por qué se considera al relieve como parte importante del clima?
- ¿Qué diferencia reconocen entre factores y elementos del clima?

#### 4.1.1.3 Clasificaciones climáticas

Se conoce como **clasificación climática**<sup>18</sup> a la forma metodológica de clasificar los climas, con base en las diferencias y similitudes de los elementos meteorológicos y los factores geográficos. El uso de una u otra clasificación, depende en gran medida del tema que interese estudiar. A continuación, se describen los tres sistemas de clasificación climática más usados en el mundo<sup>19</sup>:

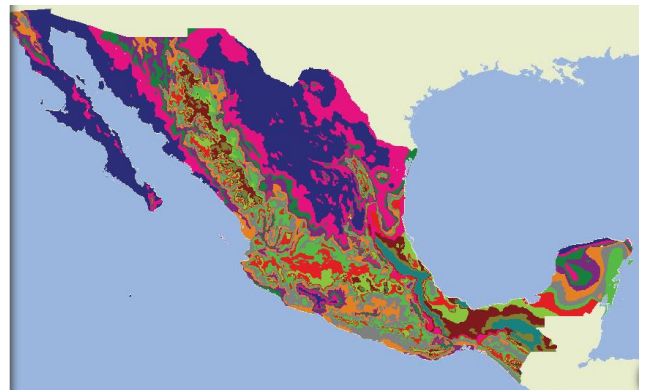


Figura 11: Mapa de humedad del suelo según clasificación de Thornthwaite, INEGI.

#### Clasificación de Thornthwaite

Esta clasificación utiliza valores relacionados con la humedad, por ejemplo: la cantidad de humedad que ceden los cuerpos vivos y la máxima cantidad de agua que puede evaporarse de un suelo completamente cubierto de vegetación, las variaciones de humedad a lo largo del año. Es la clasificación que utiliza INEGI para generar las cartas de Evapotranspiración y déficit de agua y Humedad en el suelo. Identifica dos grandes grupos de climas en función de la humedad y la temperatura, dando un total de 18.

#### Clasificación de Flohn y Strahler



Figura 12: Clasificación climática de Flohn

Se basa en la circulación los grandes vientos y masas de aire.

Establece tres grupos de climas:

Grupo I: Masas de aire tropicales (Trópicos de Cáncer y Capricornio)

Grupo II: Masas de aire de naturaleza mixta (Regiones ecuatoriales)

Grupo III: Masas de aire del polo norte y el ártico (Polos Norte y Sur)

18 GARCÍA, Enriqueta, *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*, México, UNAM: Instituto de Geografía, 1973.

19 INEGI. *Diccionario de datos climáticos*, Sitio del INEGI [en línea], México, 2012, <[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)>. [Consulta: 2012]

### Clasificación de Köppen-García

La clasificación de Köppen, organiza los climas según la temperatura, los niveles de aridez y el tipo de vegetación. Considera la aridez como una relación entre la precipitación y la temperatura.

La vegetación es importante para esta caracterización, porque las condiciones de vida vegetal se mantienen entre ciertos límites de temperatura y humedad; la presencia de determinadas especies, habla de rangos de precipitación y temperatura estables.

Es, si no la más aceptada, la más conocida de las tres calificaciones que citamos, además de ser la más utilizada en México.

Gracias a que Köppen considera la vegetación dentro de sus parámetros, puede decirse que se acerca a ser una clasificación bioclimática<sup>20</sup>, aunque que no incluye a la fauna.

El mapa de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, corresponde a la adaptación ue publicó INEGI sobre el trabajo de Enriqueta García en sus *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*; la misma García explica que fue necesario elaborar esta adaptación<sup>21</sup>, porque la clasificación de Köppen describe grandes áreas climáticas, según la latitud y no considera particularidades como las variaciones de altitud o la transición de los climas tropicales.

La clasificación original, contempla cinco grandes grupos de climas y los nombra con letras<sup>22</sup>: A: para clima cálido; B: para climas secos; C: Templados húmedos; D: Boreales; C: Polares.

A pesar de que García hizo adaptaciones para los climas A, B, C y E, en la clasificación de INEGI, sólo se consideran los tres primeros, ya que la presencia de climas E corresponde a extensiones sumamente pequeñas, en partes altas de la sierra y zonas de hielos perpetuos y los climas D son inexistentes.

A continuación, revisaremos el mapa de INEGI, que considera las clasificaciones A, B y C de los sistemas de clasificación de Köppen y García (ligeramente modificadas). En la **¡Error! No se en-**



Figura 13: Grupos y subgrupos climáticos, según INEGI, basado en Köppen-García.

<sup>20</sup> FUENTES FREIXANET, Víctor Armando, *Clima y arquitectura*, México, UAM-Azcapotzalco, 2004.

<sup>21</sup> GARCÍA, Enriqueta. op. cit., 1973.

<sup>22</sup> FUENTES FREIXANET, op. cit., 2004



Imagen 4: Monstruo de Gila, desierto de Sonora. Clima seco.

buidos en el sur y sureste del país<sup>24</sup>.

—Grupo B: Secos



Imagen 3: Manglares de la costa oeste mexicana.  
Clima cálido

es alta, es decir: hay un gran diferencial entre las temperaturas máximas y mínimas a lo largo del día.

<sup>23</sup> Ibíd.

<sup>24</sup> INEGI, *op. cit.*, s. a.

<sup>25</sup> FUENTES FREIXANET, *op. cit.*, 2004

cuenta el origen de la referencia. podemos observar la distribución de los 3 principales grupos climáticos de México.

—Grupo A: Cálidos

Incluye los subgrupos cálido húmedo y cálido subhúmedo. En estos climas, la temperatura media del mes más frío es mayor a 18°C. La precipitación supera los 1,000 mm y las altitudes son inferiores a 1,000 msnm<sup>23</sup>; la vegetación en estas áreas es tropical.

Una característica importante de estos climas es que no presentan una época invernal definida. Podemos encontrarlos ampliamente distri-

Incluye los subgrupos Seco y Muy seco. Debido al calor, la evaporación es mayor a la precipitación promedio anual. Las lluvias son escasas, y la vegetación es xerófita, esteparia o desértica.

Las lluvias se presentan en tres regímenes: repartidas uniformemente a lo largo del año, lluvias en verano y lluvias en invierno<sup>25</sup>, aunque —como ya se dijo antes— no son abundantes. Debido a la escasa humedad en el aire, estos climas la oscilación térmica en estos climas



Podemos encontrar este tipo de climas en el norte del país<sup>26</sup>, y como puede verse en el mapa, son los más extensos.

#### —Grupo C: Templados

Incluye los subgrupos Templado subhúmedo y Templado húmedo. La temperatura media del mes más frío es inferior a los 18°C, pero superior a -3°C; al menos uno de los meses presenta una temperatura

media mayor a 10°C. Es posible diferenciar el invierno y el verano; en ellos predominan las plantas mesotérmicas, o sea, que viven mejor entre los 12 y los 15°C.

Estos climas se encuentran repartidos en el altiplano central. En ellos se localiza la mayoría de las ciudades más densamente pobladas de México<sup>27</sup>.



Figura 14: Comunidad rural

#### 4.1.1.4 Bioclima

Para comprender mejor lo que es Arquitectura Bioclimática, definamos que es un bioclima.

La Bioclimatología es una ciencia ecológica que estudia la reciprocidad entre el clima y la distribución de los seres vivos en la Tierra.<sup>28</sup>

La arquitectura bioclimática, busca mantener la integración del ser humano con su ecosistema, ya sea natural, rural o urbano. Para esto considera adecuar los espacios a los factores y elementos climáticos, en busca del mayor confort para el usuario, además de buscar el sano desarrollo de sus actividades y el enriquecimiento de su cultura.



Imagen 5: Volcán Popocatepetl, Tlaxcala. Climas templados y fríos.

<sup>26</sup> INEGI, *op. cit.*, s. a.

<sup>27</sup> RAMÍREZ RIVERA, Tania. *Confort térmico en las envolventes de edificios habitacionales: Ejercicio de valoración de la NOM-020-ENER-2011 en la vivienda social y autoproducida*, Tesis de Maestría, UAM, México, s. a.

<sup>28</sup> RIVAS-MARTÍNEZ, Salvador. *Clasificación Bioclimática de la Tierra*, UCM, Madrid, 2004.

**Bioclima**, es cada uno de los tipos de clima que se distinguen, atendiendo al complejo de factores climáticos que afectan al desarrollo de los seres vivos. Es decir, la parte del clima que se relaciona directamente con la vida de plantas y animales.

### **Agrupación bioclimática de ciudades**<sup>29</sup>

Estos párrafos complementan lo que aprendiste sobre clasificación bioclimática de ciudades en el *MD1: Introducción al tema de Eficiencia Energética en la construcción* y con la *Guía de uso eficiente de la energía en la vivienda* de CONAFOVI. De hecho, seguirás utilizando ese material para aumentar tus conocimientos sobre estrategias de diseño bioclimático. La información que se te presenta a continuación te ayudará a identificar a que bioclima corresponde cualquier ciudad del país de la que tengas datos de temperatura y precipitación pluvial (lluvias), aunque no esté en la lista de CONAFOVI.

---

29 FUENTES FREIXANET, Víctor Armando, *op. cit.*, 2004.

	<b>Cálido seco</b>	<b>Cálido</b>	<b>Cálido húmedo</b>
+26°C	Se requiere enfriamiento y humidificación	Se requiere enfriamiento	Se requiere enfriamiento y deshumidificación
	<b>Templado seco</b>	<b>Templado</b>	<b>Templado húmedo</b>
	Se requiere humidificación	Se encuentran en confort térmico e hídrico	Se requiere deshumidificación
	<b>Semifrío seco</b>	<b>Semifrío</b>	<b>Semifrío húmedo</b>
-21°C	Se requiere calentamiento y humidificación	Se requiere calentamiento	Se requiere calentamiento y deshumidificación
	- 650mm		+1000 mm

Figura 15: Matriz para la agrupación bioclimática de ciudades

La agrupación bioclimática de las ciudades que ves en la Figura 15, fue realizada por Víctor Fuentes y Aníbal Figueroa (investigadores de la UAM Azcapotzalco) en 1990, con el objetivo de agrupar las localidades de acuerdo con sus requerimientos de confort; no sustituye a la clasificación climática de Köppen-García, sino que sirve como complemento para identificar el bioclima con estrategias de diseño arquitectónico.

Para ubicar una ciudad en esta matriz se requiere: temperatura media del mes más caluroso del año y precipitación pluvial total anual. Los criterios son los siguientes:

<b>T. media del mes más caluroso del año</b>	<b>Agrupación</b>
Menor a 21°C	Requiere calentamiento
Entre 21 – 26°C	Está en confort
Mayor a 26°C	Requiere enfriamiento

<b>Tabla 5: Precipitación pluvial para agrupación bioclimática de ciudades</b>	
<b>Total anual</b>	<b>Agrupación</b>
Menor a 650 mm/año	Requiere humidificar
Entre 650 y 1,000 mm/año	Está en confort
Mayor a 1,000 mm/año	Requiere deshumidificar

Los bioclimas de esta matriz, son los mismos a los que se refiere la *Guía de uso eficiente de la energía en la vivienda* de CONAFOVI, por lo que las estrategias que propone te serán de total utilidad. Es importante que revises ese material para aprovechar al máximo este capítulo y que tengas mucho más claro como se consigue un diseño energéticamente eficiente, tomando en cuenta el clima como eje de diseño.

Para conseguir los datos de temperatura media y precipitación pluvial total, se recurre a las normales climatológicas, que están disponibles para su consulta en los observatorios meteorológicos y en la página de internet del SMN. En la biblioteca digital encontrarás el resumen de los datos necesarios para practicar con el listado de ciudades.

### Actividad 7: Agrupación bioclimática de ciudades

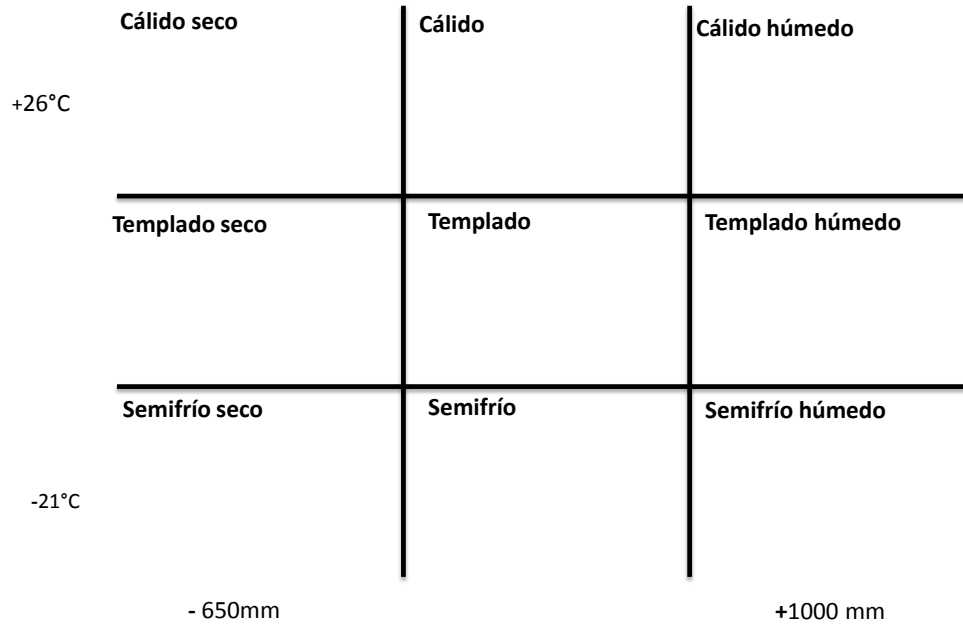
Esta actividad, conviene realizarla en grupo y con ayuda del profesor. Con la matriz de la Figura 15, los datos que se te presentan a continuación y con la *Guía de uso eficiente de la energía en la vivienda* de CONAFOVI, identifica a qué bioclima pertenecen las siguientes ciudades y llena la matriz con sus nombres y estrategias básicas.

Ciudad	Nombre y temperatura media del mes más cálido (°C)	Precipitación total anual	Bioclima
Aguascalientes			
Puebla			
Guadalajara			
Hermosillo			
Cancún			
Ciudad de México			
Monterrey			
Oaxaca			
Tijuana			
Xalapa			
Chihuahua			
Ciudad Juárez			
Querétaro			
San Luis Potosí			
Toluca			
León			

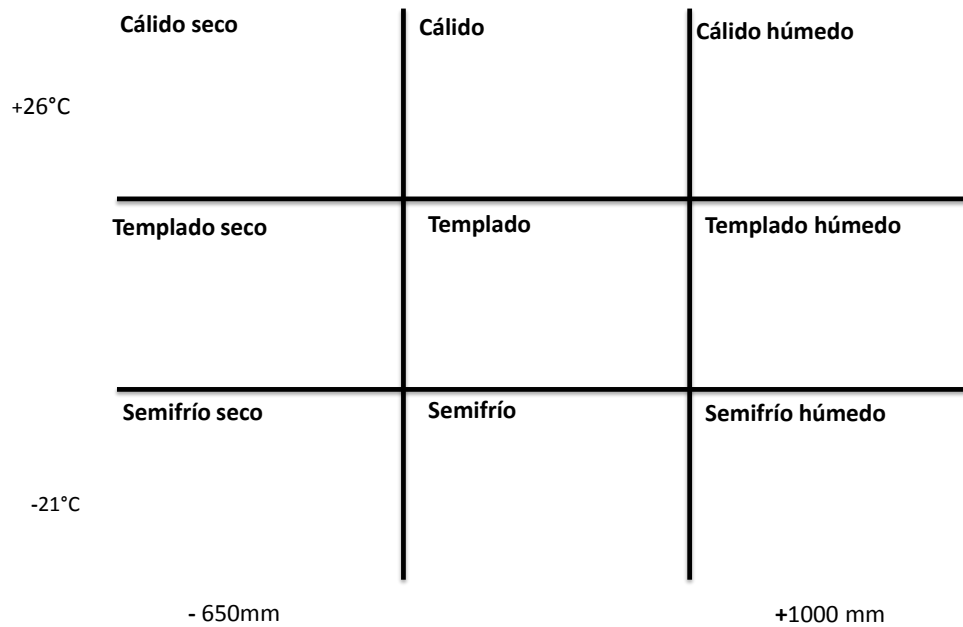


### Agrupación bioclimática de ciudades (continuación)

Anota aquí los nombres de las ciudades



Anota aquí las estrategias para cada clima



#### 4.1.2 Geometría solar

Como hablamos en el título 4.1.1.1 «Elementos del clima», el comportamiento del Sol es de particular importancia para el diseño bioclimático, por lo que la información sobre este astro y su relación con la bioclimática, se amplía a continuación.



Imagen 6: Reflejos del Sol sobre el mar al atardecer

Si se observa en una noche clara la bóveda celeste se podrán ver zonas cubiertas por puntos brillantes que centellean en la oscuridad de la noche. Estos puntos brillantes no es otra cosa que estrellas que envían constantemente energía radiante en todas direcciones, recibándose una fracción de ella en la Tierra. Una de estas estrellas con la cual estamos muy familiarizados es el Sol.

Su energía radiante recibida en la Tierra ha permitido la formación y subsistencia del mundo animal y vegetal tal y como lo conocemos hoy en día. El Sol ha sido considerado como el dador de vida en la Tierra ya que, a través de su energía y por procesos de absorción natural, se han creado los vegetales base fundamental de alimentación del mundo animal, se han creado ríos y lagunas debido a procesos de evaporación del agua de mar y su respectiva condensación, inclu-

yendo la formación y sustentación de corrientes de aire; e incluso, ha participado de alguna manera en la formación de combustibles fósiles. Claro está, lo anterior ha sido debido a un efecto acumulativo de la energía que ha enviado el Sol a la Tierra desde la formación del universo. Pero, ¿Cómo se propaga la energía proveniente del Sol?, ¿Cuál es su potencia radiada? ¿Cómo podemos hacer uso de ella?

El Sol es casi una estrella esférica formada principalmente de gas hidrógeno. Tiene un diámetro de aproximadamente de  $1,4 \times 10^9$  m (1'392,000 km), una masa de  $1.98 \times 10^{30}$  kg y una densidad de  $1400 \text{ kg/m}^3$ . La energía producida en el Sol es el resultado de una serie de reacciones nucleares complejas conocidas como fusión. En el proceso de fusión nuclear, los átomos de hidrógeno dentro del Sol se convierten en átomos de helio. Estas reacciones se llevan a cabo a muy altas temperaturas, enviando al espacio cantidades enormes de energía.



Imagen 7: El Sol

La temperatura sobre la superficie del Sol no es constante debido a una serie de perturbaciones propias del tipo de reacción nuclear, pero para fines prácticos es considerada con un valor promedio de  $5762 \text{ K}^{30}$  (unos  $5,488^\circ\text{C}$ ). La energía emanada por el Sol debe viajar un promedio de  $1.48 \times 10^8$  km antes de llegar a la atmósfera terrestre y lo hace en poco más de 8 minutos.

La energía solar se propaga en formas de ondas. Ya que a su naturaleza física se le puede asignar características electromagnéticas, se dice que la energía solar esta formada por un conjunto de ondas electromagnéticas con una energía bien definida.

Una onda es un fenómeno físico a través del cual se propaga la energía y es característico del comportamiento de ciertas magnitudes, por ejemplo, la forma que adquiere la cuerda de una guitarra que al vibrar emite un sonido, la onda que se genera en la superficie de líquidos cuando son perturbados, etc.

---

30 SAYIGH A. A. M., *Solar Energy Engineering* (Ingeniería de la energía Solar), Academic Press, s. l., 2007

#### 4.1.2.1 Trayectoria solar<sup>31</sup>

Aunque todos sabemos que la Tierra gira sobre su eje y además describe una órbita alrededor del Sol, al observar el astro rey en el cielo, consideramos que estamos en un lugar fijo y que es el Sol el que se mueve.

Al movimiento aparente del Sol en la bóveda celeste, se le da el nombre de trayectoria solar, esta tiene un paso diario, o sea, un recorrido que realiza cada día, pero este no es igual todos los días, sino que varía a lo largo del año.

La geometría solar nos permite conocer la trayectoria y dirección de los rayos solares durante todo el año en alguna latitud geográfica, que si se aplica al diseño sustentable de cualquier proyecto arquitectónico es posible aprovechar la energía solar en la composición del proyecto para obtener una adecuada iluminación natural facilitar el confort térmico, así como en el diseño de las protecciones del mismo como aleros, parte luces, volados, antepechos, celosías, marquesinas, etc.

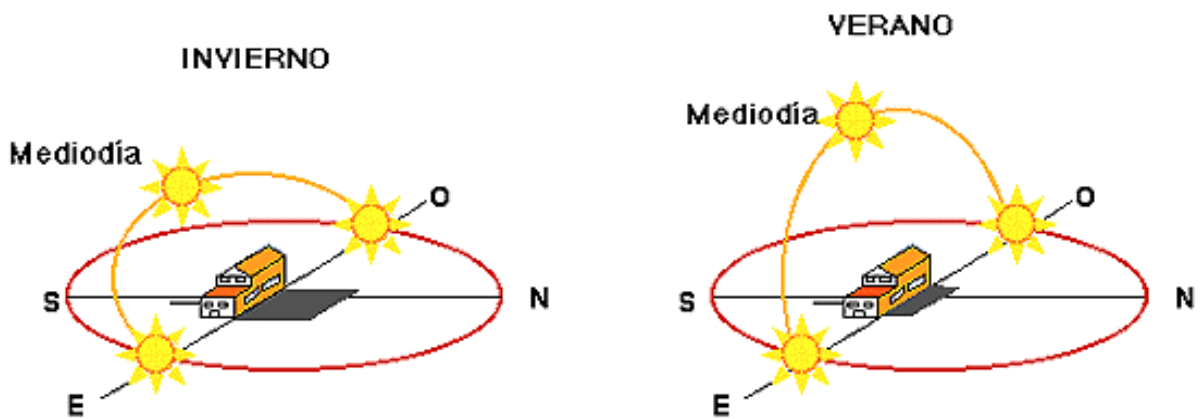


Figura 16: Movimiento aparente del Sol en una localidad para invierno y verano

La proyección de la trayectoria solar sobre el plano horizontal se le llama diagrama de la trayectoria solar. Este tipo de diagramas son de mucha utilidad en el uso de tecnologías solares para determinar el comportamiento de sombras proyectadas por objetos

Actualmente existen programas de computadora (Software) que permiten calcular los ángulos solares de interés usando como datos la latitud del lugar.

<sup>31</sup> NEW MÉXICO STATE UNIVERSITY (Universidad del Estado de Nuevo México), *Energía Fotovoltaica* [en línea], Nuevo México, s. a., <[http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)>. [Consulta:2012]

Si nos fijamos, este diagrama nos muestra que el Sol “pasa” por una región definida a lo largo del cielo. Conocer esto nos permitirá en el año, según nos interesa, aprovechar al máximo la energía solar, diseñar elementos que den sombra para protegernos de la radiación directa del Sol.

Si analizamos la altura y dirección en que se encuentran árboles y edificios cercanos, veremos como estos penetran o interrumpen la llegada de los rayos del Sol al lugar en que estamos. Así, el diagrama solar nos ayuda a orientar los dispositivos de captación de energía solar y a escoger el lugar donde situarlos

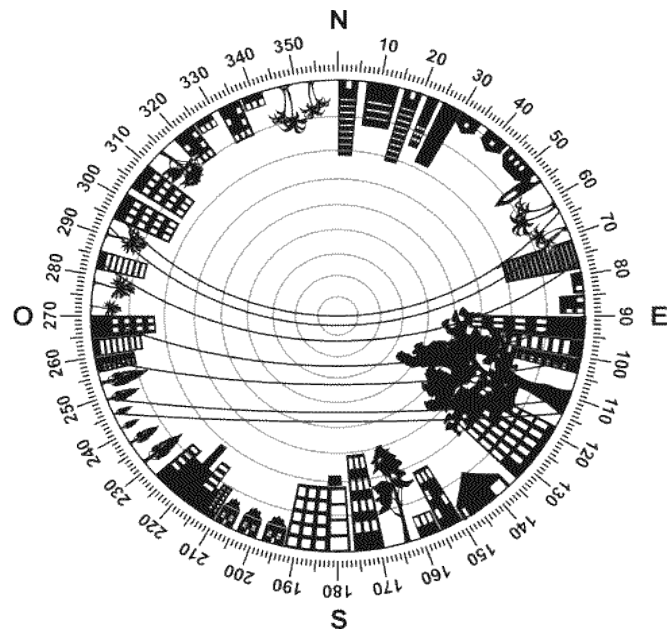


Figura 17: Proyección de la trayectoria solar y los edificios sobre la bóveda celeste

#### 4.1.2.2 Orientación<sup>32, 33</sup>

Una orientación adecuada de la edificación nos permite conseguir buenos resultados para mantener una temperatura agradable durante las estaciones frías y ambientes frescos durante el verano, además permite maximizar resultados cuando sea necesario aislar, iluminar o ventilar los ambientes, haciendo posible la mejor distribución y aprovechamiento de todas las áreas, ubicando a los que por su uso o destino no requieran una climatización permanente como por ejemplo la zona de lavandería, despensa, almacén o closets hacia las áreas más expuestas y ubicar a los dormitorios y sala hacia las áreas más protegidas.

<sup>32</sup> HENRÍQUEZ, Bruno, «La trayectoria solar», en *Ecovida* [en línea], Cuba, s. a., <http://www.ecovida.pinar.cu/energia/HTML/Revistas%20Energia%20y%20Tu/Energia16/HTML/Articulo21.htm>. [Consulta: 2012]

<sup>33</sup> AUTODESK, *Sustainability Workshop (Taller de sustentabilidad)*, [en línea], EEUUA, s. a., <<http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/fundamentals/building-orientation>>. [Consulta:2012]



Además con tomando en cuenta la orientación se puede determinar la ubicación de puertas y ventanas para conseguir una buena iluminación para el ahorro de electricidad durante el día y una adecuada ventilación que nos permita tener buena calidad de aire sin necesidad de instalar equipos adicionales.

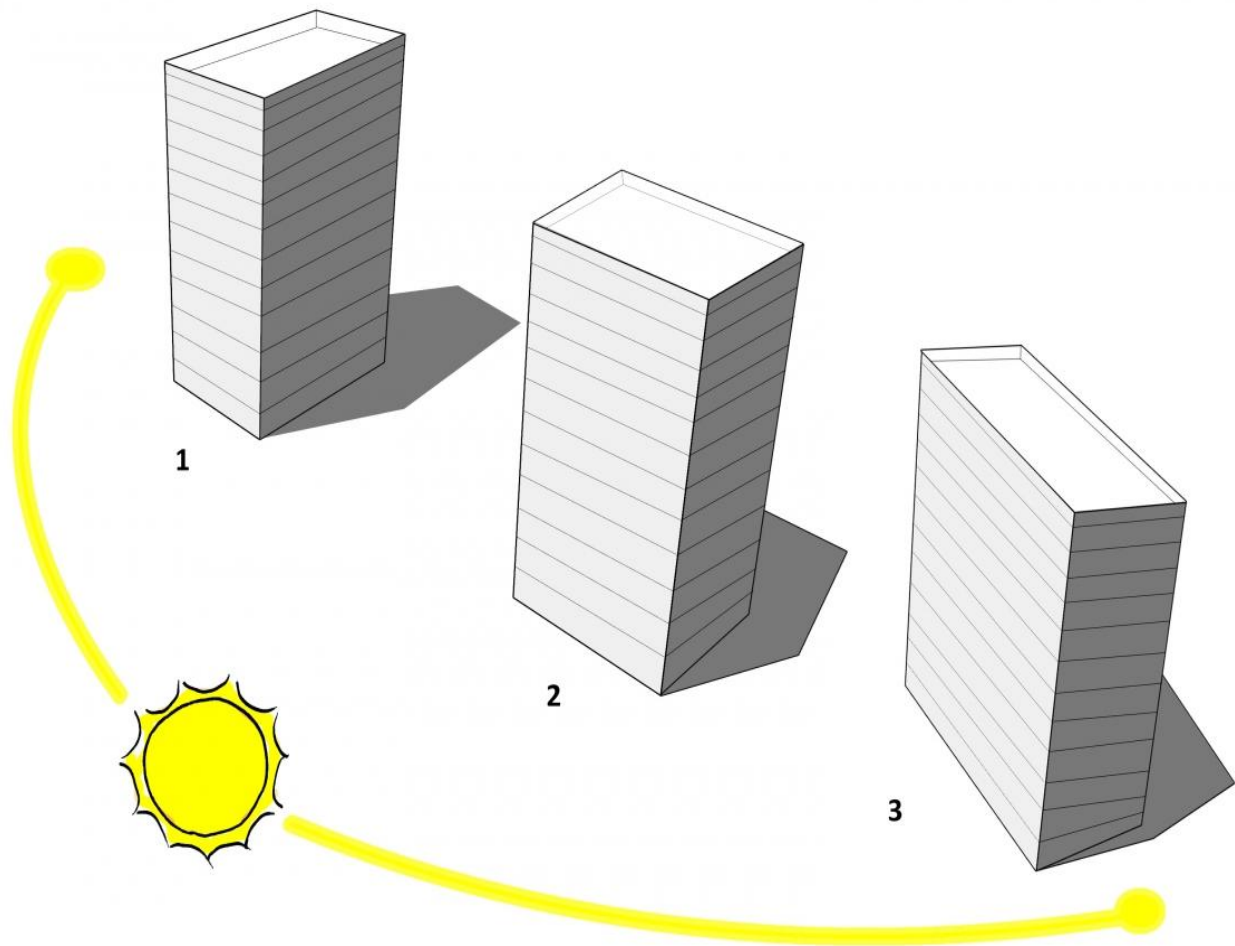


Figura 18: Distintas orientaciones para edificios

## 4.2 Arquitectura bioclimática y arquitectura vernácula

En este capítulo conocerás los aspectos básicos de la **arquitectura bioclimática**<sup>34</sup>; que toma en cuenta las condiciones climáticas y aprovecha con máxima eficiencia los recursos naturales disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) e intenta minimizar los consumos de energía, para disminuir su impacto ambiental. Aprenderás el concepto de **envolvente arquitectónica**, que es de suma importancia cuando se trata de confort térmico.

Para reforzar lo aprendido, haremos un recorrido por la **arquitectura vernácula** mexicana y conoceremos algunos edificios bioclimáticos de México y el mundo.

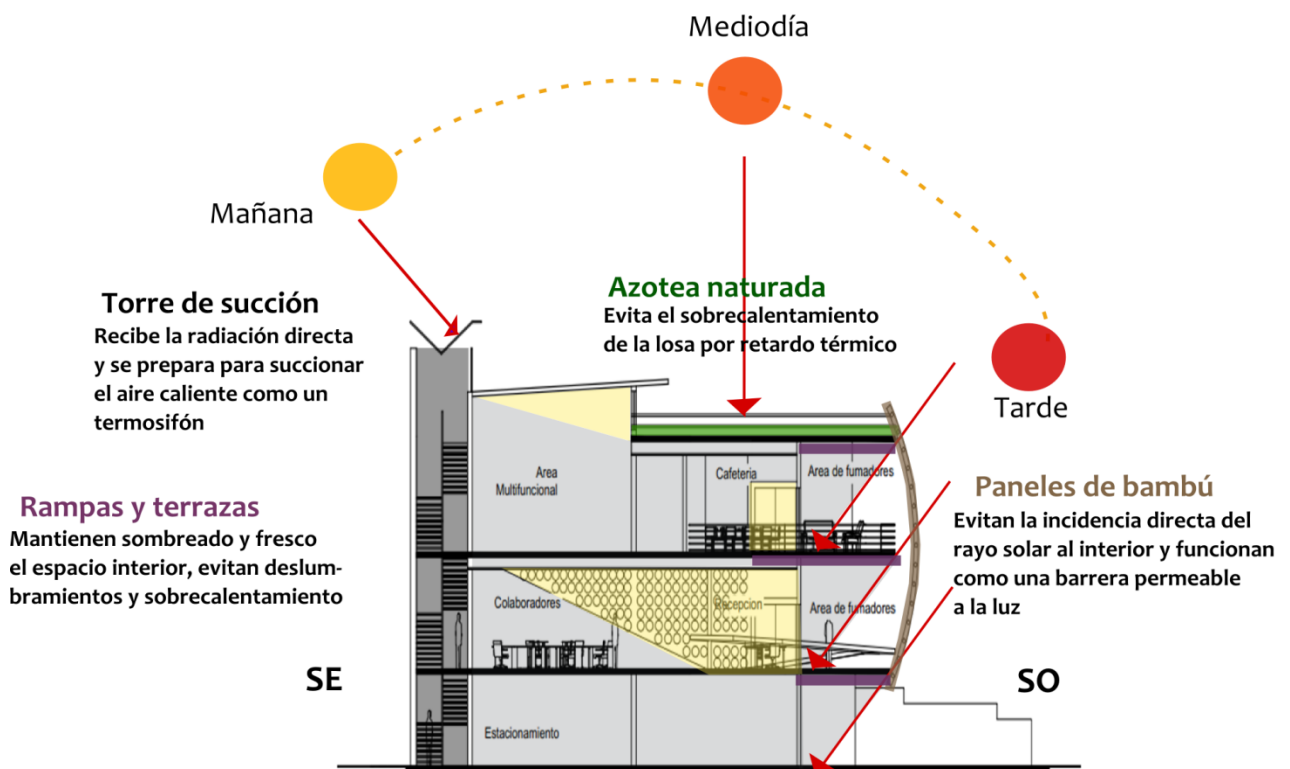
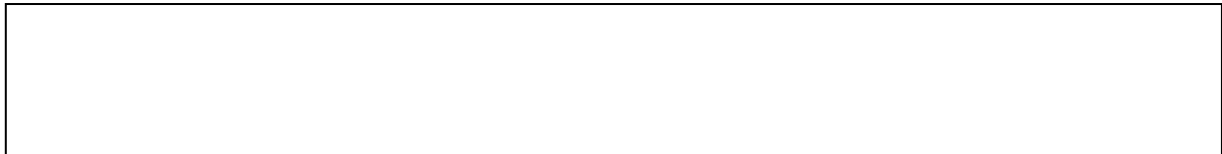


Figura 19: Ejemplo de un diseño bioclimático



<sup>34</sup> SERRA FLORENSA, Rafael, *Arquitectura y climas*, Gustavo Gili, Barcelona, 1999.

#### 4.2.1 ¿Qué es la arquitectura bioclimática?

Como se mencionó en la introducción, la arquitectura bioclimática es aquella que toma las condiciones naturales del entorno y el confort del ser humano como punto de partida para el diseño de espacios.

Busca la disminución del consumo de energía, y para ello se adecúa a su entorno, transformando los elementos climáticos externos en **confort** interno, gracias a un diseño inteligente. Si las condiciones de clima extremo hacen necesario un aporte energético adicional, siempre busca el apoyo de fuentes de energía limpias y renovables<sup>35</sup>.

En la actualidad, la gran mayoría de los edificios construidos compensan las deficiencias del diseño con enormes consumos energéticos; muchos de ellos derivados de la calefacción y acondicionamiento de aire. Estos consumos pueden ser reducidos al mínimo y en el mejor de los casos, anulados, si se cuenta con un buen diseño bioclimático.

Los objetivos de la arquitectura bioclimática son:

- Crear espacios habitables funcionales, estéticos y saludables.
- Hacer un uso eficiente y racional de la energía y los recursos naturales.
- Preservar el medio ambiente e integrar al ser humano a un ecosistema en equilibrio.

##### 4.2.1.1 Metodología de diseño

La arquitectura bioclimática es un ejercicio de diseño, y cuenta con diferentes metodologías<sup>36</sup> para alcanzar su objetivo inicial: una construcción saludable para el ser humano y respetuosa con el ambiente. Si analizamos estas metodologías, podemos dividir las en cuatro grandes etapas que deben considerarse en todo ejercicio de diseño bioclimático:

- A. Análisis del entorno natural y artificial.** Clima y entorno urbano, estudio de la arquitectura vernácula.
- B. Análisis del comportamiento y necesidades del usuario.** Entorno sociocultural, requerimientos funcionales, requerimientos de confort biológicos y psicológicos

<sup>35</sup> RAMÍREZ RIVERA, Tania, op. cit., s. a.

<sup>36</sup> FUENTES FREIXANET, Víctor, *Notas de clase*, s. l., s. a.

- C. **Determinación de conceptos bioclimáticos.** Con base en los dos puntos anteriores, se proponen soluciones a los problemas identificados. Esto abarca la aplicación de soluciones pasivas, activas y **ecotecnologías**.
- D. **Diseño y evaluación.** Integración de los conceptos de diseño bioclimático a la funcionalidad y estética de la edificación. Esto se refiere tanto al diseño de la envolvente arquitectónica, como al de los espacios interiores y exteriores.

#### Actividad 8: Objetivos de la arquitectura bioclimática

Discute cuales crees que son los objetivos de la arquitectura bioclimática, de ellos distingue los que te parecen más importantes y los menos importantes.

¿Cómo se debe planear un diseño bioclimático, qué aspectos deben ser considerados?

#### 4.2.1.2 Soluciones bioclimáticas

Se considera como **soluciones pasivas** a aquellas partes del diseño que actúan por sí mismas, sin necesidad de consumo energético o con intervenciones mínimas por parte del usuario; por ejemplo: orientaciones adecuadas para la envolvente, diseño de dispositivos de control solar, integración de estanques y vegetación, entre otros.

Las **soluciones activas**, son aquellas que requieren de la intervención del usuario o que implican el uso de sistemas mecánicos o involucran el uso o generación de energía y combustibles, por ejemplo, los colectores solares para el calentamiento de agua o los paneles fotovoltaicos (que sirven para convertir la energía solar en energía eléctrica) y algunos sistemas de bombeo o calentamiento de aire. Las ecotecnologías brindan el mismo servicio que las tecnologías convencionales, pero con un menor uso de energías no renovables y recursos. El uso de ecotecnologías contribuye a reducir el daño a los ecosistemas.



Imagen 8: Arquitectura vernácula de Japón

Algunas de ellas consisten en aprovechar las cualidades biológicas, químicas y físicas de los materiales para hacer más eficiente el uso de los recursos naturales, por ejemplo: colectores solares para el calentamiento de agua, en lugar de calentadores de gas.

El origen de la arquitectura bioclimática, se remonta al momento en el que el ser humano se dio cuenta de que podía modificar el entorno, para protegerse de las adversidades. Durante siglos, la arquitectura evolucionó junto con el hombre, como prueba de ello, tenemos la gran variedad de arquitectura tradicional, propia de cada cultura, a la que también se conoce con el nombre de arquitectura vernácula.

### Actividad 9: Asimilación de conceptos

En los párrafos anteriores, se mencionaron algunos términos y conceptos que son importantes para la comprensión de este Material Didáctico (MD 4). Discute lo que entendiste con tu compañero y escriban entre ambos lo que entienden por:

Confort

Requerimientos biológicos y psicológicos de confort

Arquitectur

Soluciones pasivas

Soluciones activas

Ecotecnologías

No te preocupes si no conoces una definición exacta, en los capítulos siguientes hablaremos de ellos con mayor detalle.



### 4.2.1.3 Confort humano

La Real Academia de la Lengua Española (RAE), define confort como “aquello que produce bienestar y comodidades”. En arquitectura, esto se traduce como la sensación de bienestar proporcionada por el ambiente. El confort involucra condiciones de temperatura, humedad ambiental, calidad del aire, un ambiente sonoro libre de ruido y la sensación de seguridad que brinda el espacio contra las condiciones adversas del entorno inmediato.

A pesar de las diferencias perceptivas y psicológicas de los seres humanos, todos compartimos características biológicas semejantes y límites de resistencia. Por ejemplo: la temperatura natural de todos los seres humanos es de aproximadamente 36°C, y somos capaces de mantenerla gracias a mecanismos de auto-regulación térmica. Cuando las condiciones ambientales son muy adversas y nuestra temperatura corporal desciende hasta los 30°C (hipotermia) o excede los 41°C (hipertermia), se supera la capacidad del organismo para auto-regularse y morimos<sup>37</sup>.

Tomando en cuenta estos límites, y algunas pruebas estadísticas sobre confort, se han establecido estándares (parámetros de temperatura, iluminación y sonido) que funcionan como base (de datos y valores) para generar recomendaciones y normativa en materia de confort térmico, lumínico y acústico.



Imagen 9: Confort humano

El confort está estrechamente relacionado con la salud y los procesos metabólicos del ser humano, por ejemplo: un exceso de asoleamiento puede generarnos insolación; demasiado frío provocar un resfriado; el aire de mala calidad, ocasionaría una oxigenación sanguínea deficiente, disminuyendo nuestra capacidad de concentración y con ello nuestro rendimiento; un exceso de ruido provoca situaciones de estrés, llegando incluso a generar problemas en el sistema nervioso y muscular.

Un espacio confortable es también un espacio saludable, en el que podemos llevar a cabo nuestras actividades con eficiencia. La sensación de comodidad o incomodidad con el medio ambiente depende de la edad, sexo, estado de ánimo, de salud y por supuesto, del clima.

<sup>37</sup> ASHRAE, «Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy» (Condiciones térmico ambientales de habitabilidad humana) , en *Standard 55-2010*, ASHRAE, s.l., 2010

#### 4.2.1.4 Zonas climáticas

Para promover condiciones de confort en la arquitectura, es indispensable conocer el **clima** de la localidad para la cual se está diseñando. Lo que resulta confortable un clima templado, puede no serlo en la selva, o en el desierto. Una sala de descanso completamente abierta a la brisa, puede ser muy cómoda en la playa, pero resultar absurda en la montaña, donde necesitamos calor.

La **geografía mexicana** es rica en ecosistemas, lo que hace de México un país megadiverso, es decir, con condiciones de vida natural muy variadas.

- En el sur del país predominan los climas cálido-húmedos y sub-húmedos, sobre todo en las regiones costeras.
- En la zona del bajío y norte, nos encontramos con los climas secos.
- De norte a sur, sobre todo en el área de las sierras y en la zona centro del país, nos encontramos con los climas templados.

Para simplificar el estudio de los climas, éstos suelen agruparse en clasificaciones climáticas. En México, INEGI emplea una adaptación de Enriqueta García a la Clasificación climática de Köppen, y los organiza en tres grandes grupos, que puedes apreciar en el mapa “Grupos y subgrupos de climas en México”.

#### Actividad 10: Ubicación de ciudades y climas

Divídanse en equipos de trabajo y con ayuda de las coordenadas proporcionadas, ubiquen las siguientes localidades en el “Mapa de grupos y subgrupos de climas en México”, identifiquen el clima que les corresponde y anótenlo junto al nombre de la ciudad<sup>7</sup>.

Aguascalientes	_____	
Lat. 21°53'N	Long. 102°18'O	Alt. 1,870 msnm
Puebla	_____	
Lat. 19°3'N	Long. 98°12'O	Alt. 2,160 msnm
Guadalajara	_____	
Lat. 20°41'N	Long. 103°21'O	Alt. 1,540 msnm

### Ubicación de ciudades y climas (Continuación)

Hermosillo	_____	_____
Lat. 29°7'N	Long. 110°58'O	Alt. 210 msnm
Cancún	_____	_____
Lat. 21°10'N	Long. 86°50'O	Alt. 10 msnm
Ciudad de México	_____	_____
Lat. 19°26'N	Long. 99°9'O	Alt. 2,240 msnm
Monterrey	_____	_____
Lat. 25°40'N	Long. 100°19'O	Alt. 540 msnm
Oaxaca	_____	_____
Lat. 17°14'N	Long. 96°43'O	Alt. 1,560 msnm
Tijuana	_____	_____
Lat. 32°32'N	Long. 117°3'O	Alt. 20 msnm
Xalapa	_____	_____
Lat. 19°32'N	Long. 96°55'O	Alt. 1,460 msnm
Chihuahua	_____	_____
Lat. 28°38'N	Long. 106°41'O	Alt. 1,440 msnm
Cd. Juárez	_____	_____
Lat. 31°44'N	Long. 106°29'O	Alt. 1,140 msnm
Querétaro	_____	_____
Lat. 20°36'N	Long. 100°24'O	Alt. 1,820 msnm
San Luis Potosí	_____	_____
Lat. 22°9'N	Long. 100°58'O	Alt. 1,860 msnm
Toluca	_____	_____
Lat. 19°17'N	Long. 99°40'O	Alt. 2,260 msnm
León	_____	_____
Lat. 21°7'N	Long. 101°41'O	Alt. 1,800 msnm

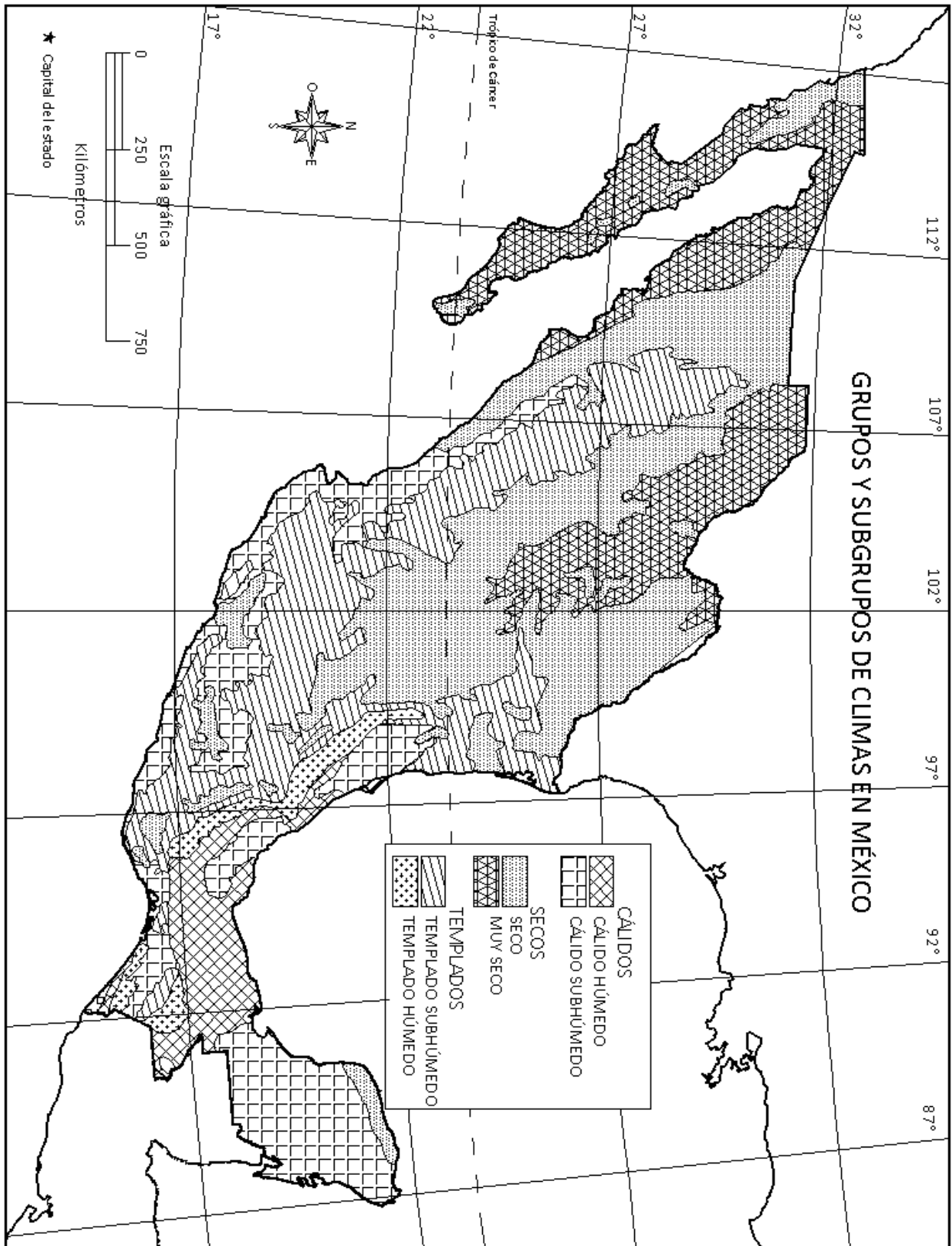


Figura 20: Mapa de grupos y subgrupos climáticos.

#### 4.2.1.5 ¿Qué es la arquitectura vernácula?

El término vernáculo, se refiere originalmente a los aspectos lingüísticos propios de una cultura: su adaptación a la arquitectura, se refiere a las edificaciones proyectadas empíricamente por los grupos humanos que han habitado una región durante largos periodos de tiempo y que, con base en la experiencia de sus generaciones, tras el resultado de ensayos, pruebas, aciertos y errores, ha logrado construcciones que responden al entorno natural.

La arquitectura vernácula es un testimonio de los esfuerzos de adaptación del hombre a su entorno, aprovechando los materiales del sitio y los sistemas constructivos locales.

La arquitectura vernácula “constituye el modo natural y tradicional en que las comunidades han producido su propio hábitat. Forma parte de un proceso continuo, que incluye cambios necesarios y una continua adaptación como respuesta a los requerimientos sociales y ambientales; es la expresión fundamental de la identidad de una comunidad, de sus relaciones con el territorio y al mismo tiempo, la expresión de la diversidad cultural del mundo.”<sup>38</sup>



Imagen 10: Casa Maya

El estilo de vida actual está sustituyendo las maneras locales de hacer arquitectura por sistemas constructivos genéricos, que en muchas ocasiones pasan por alto las características climáticas del entorno, y no toman en cuenta el confort humano como principio de diseño.

Pasar por alto las características climáticas del medio y hacer a un lado el conocimiento que ayudó a múltiples generaciones a sobrevivir en un entorno tiene un costo cultural y energético elevado: los pueblos pierden identidad y se vuelven consumidores irracionales de

recursos energéticos.

Los principios de la arquitectura vernácula del mundo son la base de la arquitectura bioclimática, que rescata en su ejercicio la relación del ser humano con el medio ambiente como elemento rector del diseño, integrando tecnologías nuevas y antiguas para reducir el impacto ambiental de las construcciones modernas.

<sup>38</sup> 12ª ICOMOS, «Carta del Patrimonio Vernáculo Construido», en *Asamblea general del ICOMOS*, México, 1999.



### Actividad 11: Reflexiones sobre la vivienda vernácula

¿Crees que una vivienda vernácula es más o menos eficiente en términos energéticos que una vivienda común de interés social? ¿Por qué?

¿Cuáles son las diferencias que reconoces entre la casa en la que vives y una vivienda vernácula? Enlístalas.

#### 4.2.2 Ejemplos de arquitectura bioclimática



Imagen 11: Mosaico de ejemplos

### Actividad 12: Mosaico

Observen el mosaico de imágenes y comenten: ¿Cómo imaginan que es el clima de cada uno de los lugares? ¿Dónde se encuentran? ¿Tienen algún parecido con la arquitectura de su ciudad?

En este capítulo se presentan ocho ejemplos de vivienda bioclimática con un breve acercamiento a la cultura de la que forman parte y una explicación de las características bioclimáticas de su diseño. Los primeros, son viviendas vernáculas en cuatro distintas regiones de México. Los segundos, son edificios internacionales, modernos y vigentes, muestra de una arquitectura bioclimática de vanguardia, que combina características vernáculas con tecnología y sistemas constructivos mixtos.

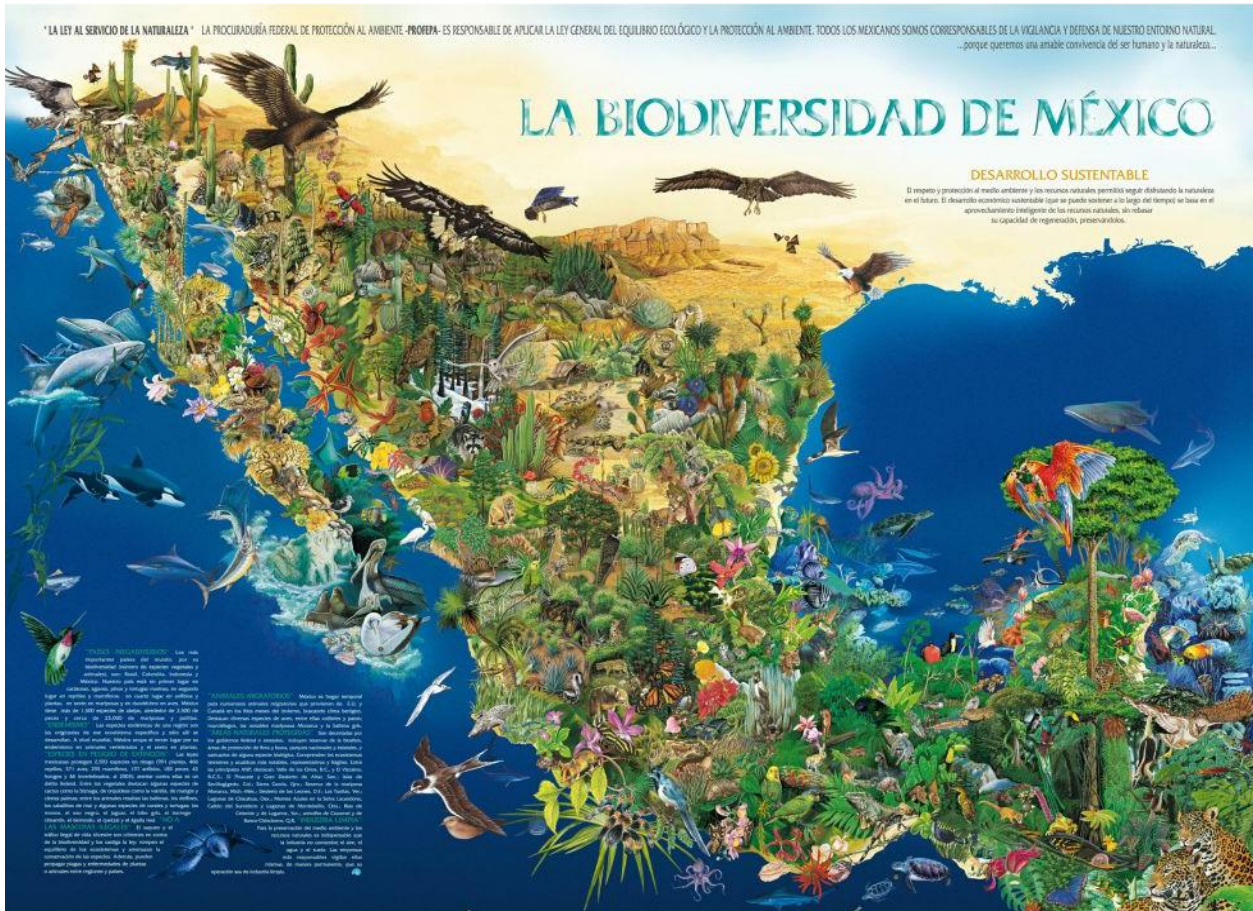


Figura 21: Biodiversidad de México, SEMARNAT

### Actividad 13: Mapa de biodiversidad

¿Qué nos dice el mapa de biodiversidad sobre el clima? ¿Notas que las especies animales y vegetales son distintas en el norte, centro y sur del país?, ¿por qué creen que sea así?



#### 4.2.2.1 Ejemplos de arquitectura vernácula en México

Como se mencionó anteriormente, México cuenta con una gran diversidad de climas, lo que origina una variedad de formas de vida, culturas y arquitecturas.

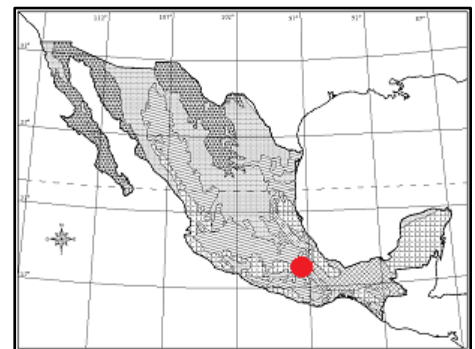
En este apartado, te mostramos ejemplos de vivienda vernácula en cuatro diferentes estados de la república. Aprenderás sobre sus características bioclimáticas, los sistemas constructivos y las razones para que la arquitectura tradicional sea tal y como es.

##### **Ejemplo 1: Clima templado subhúmedo**

*Xalatlaco, Estado de México*

El Municipio de Xalatlaco se ubica en la parte central del Estado de México, pertenece al Valle de Toluca. Xalatlaco es una palabra de origen náhuatl que significa "Lugar de agua sobre la arena en la barranca"<sup>39</sup>.

La temperatura media del municipio en el área de planicie es de 14°C, la mínima registrada es de 0.2°C y la máxima de 30°C. La topografía es accidentada y la altitud oscila entre los 2600 y los 3800 metros sobre el nivel del mar, siendo las tierras más altas, las más frías.



Ejemplo 1: Xalatlaco  
Clima templado sub-húmedo

##### **Actividad 14: Clima templado subhúmedo**

Observen la Imagen 12 y comenten: ¿Cómo es la envolvente de esta casa? ¿Qué reconocen en el paisaje? ¿Creen que de verdad existe una relación entre el paisaje y la construcción? ¿Qué mejoras proponen?

Los climas templados presentan un verano confortable, requieren estrategias de calentamiento en el invierno y en los casos de húmedos y subhúmedos la oscilación térmica es reducida. Se recomienda un buen sistema de drenaje en los techos o azoteas para evitar problemas de humedad. Las condiciones naturales no exigen el uso sistemas de acondicionamiento de aire (calefacción/aire acondicionado).

<sup>39</sup>GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO, *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Xalatlaco*, [en línea], [http://seduv.edomexico.gob.mx/planes\\_municipales/Xalatlaco/doc-xalatlaco.pdf](http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/Xalatlaco/doc-xalatlaco.pdf). [Consulta: 2012]

Algunas estrategias que se recomiendan en este clima son: orientar los dormitorios al sureste, las cocinas al norte, evitar la entrada de rayos solares en las fachadas oeste y suroeste.



Imagen 12: Vivienda unifamiliar de adobe

**Uso del edificio:** Vivienda unifamiliar, actualmente en uso.

**Materiales de construcción:** Muros fabricados con bloque artesanal de adobe secado al sol. Estructura portante del techo de vigas de madera. Cubierta de teja de barro horneada.

**Elementos bioclimáticos:** Los muros tienen un espesor aproximado de 40 centímetros para mantener estable la temperatura interior, el tejado a dos aguas permite el escurrimiento de la lluvia. El adobe de los muros toma como materia prima la tierra de la región. El muro ciego en la fachada guarda la privacidad de los habitantes.

## Ejemplo 2: Clima muy seco

### *Paquimé, Chihuahua*

El municipio de Casas Grandes se localiza al noroeste del estado de Chihuahua. En el área correspondiente a la zona arqueológica de Paquimé, la temperatura media anual es de 24°C, pero el clima es extremoso, llega a temperaturas máximas de 45°C y mínimas de -17°C.

Paquimé es un bien de valor cultural inscrito desde 1998 en la lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO<sup>40</sup>, es un testimonio arquitectónico de la convergencia cultural entre los pueblos mesoamericanos y las etnias del desierto. Destaca el sistema hidráulico que desarrollaron y se extendió por todo Casas grandes.



Ejemplo2: Paquimé  
Clima muy seco



Imagen 13: Patio de vivienda prehispánica en Paquimé, siglo XIII

<sup>40</sup> INAH, Chihuahua, *Paquimé*, [en línea] s. l., s. a., < <http://inahchihuahua.wordpress.com/zona-arqueologica-paquime/>>. [Consulta : 2012]

**Uso del edificio:** Vivienda del siglo XIII, cultura Paquimé.

**Materiales de construcción:** Muros fabricados con tierra colada, o adobe. Estos muros son sumamente masivos, llegan a tener hasta 50 centímetros de espesor. Estructura portante del techo con troncos y vigería de madera. Losas de tierra compactada.

**Elementos bioclimáticos:** Los muros son de alta masa térmica para estabilizar la temperatura interior. Este efecto, combinado con lo que se conoce retardo térmico “invierte” las temperaturas del día y la noche; es decir, guarda el calor exterior del día y lo transfiere lentamente al interior para que la noche sea cálida, cuando la temperatura exterior baja, el calor comienza a salir lentamente y ya en el día, el interior es fresco.

El adobe de los muros toma como materia prima la tierra de la región. Las ventanas son pequeñas, para evitar la incidencia directa de los rayos del sol durante el día y previenen que el calor acumulado indirectamente en los muros escape al exterior.

Las losas son planas y contienen elementos de canalización a cisternas, puesto que la lluvia escasea.

En este tipo de clima hay poca precipitación pluvial, por lo que conviene aprovecharla al máximo. Las variaciones de temperatura pueden ser extremas, por lo que deben considerarse estrategias de enfriamiento para el verano y de calentamiento para el invierno.

En el clima muy seco, conviene emplear materiales masivos, es decir, con alta capacidad para almacenar el calor; y que estos mismos, cuenten con un buen retardo térmico, para que tomen el calor del día y este se transfiera lentamente al interior para calentar por la noche.

Otro ejemplo de la extensión de la cultura y subculturas derivadas de Paquimé, es el sitio arqueológico «Las 40 casas», que destaca por sus construcciones con muros de *tierra colada*, dentro de cuevas en lo más intrincado de la sierra.



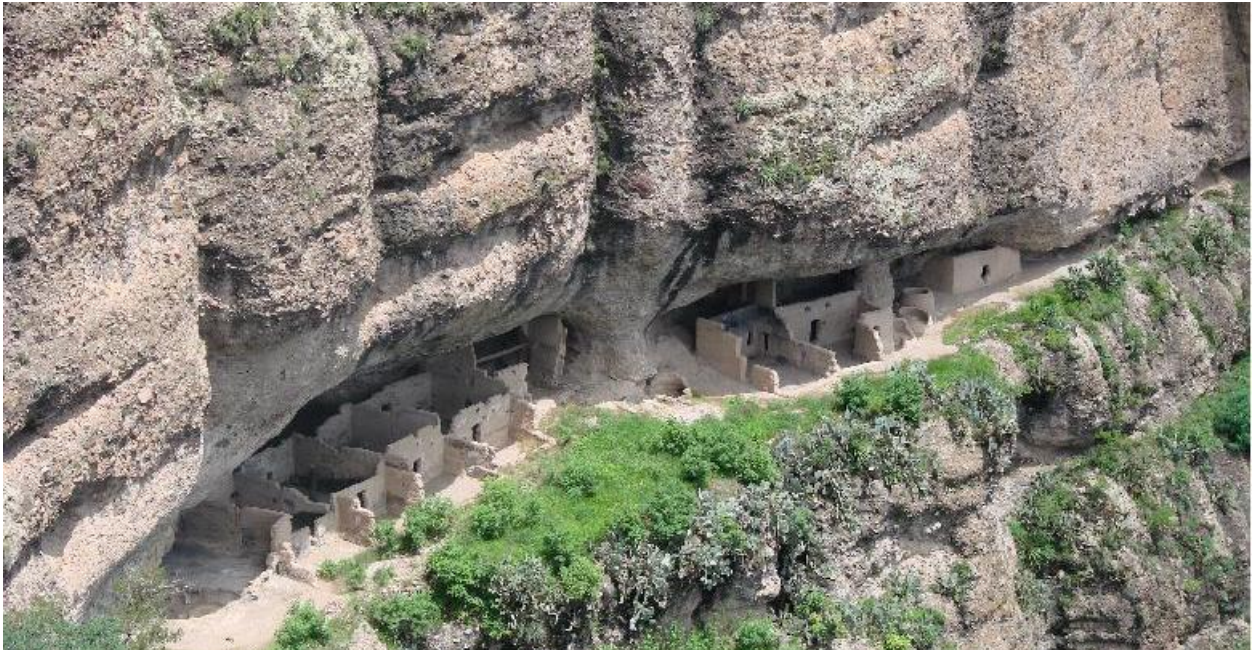


Imagen 14: Cueva de las ventanas, Chihuahua

### Actividad 15: Clima muy seco

Observen la imagen de la Cueva de las ventanas y respondan en grupo a las preguntas planteadas en la siguiente actividad.

Anota tus impresiones personales sobre la discusión anterior.

¿Cómo es el paisaje?

¿Para qué sirve la cueva?

¿Por qué se decidirían a edificar en un lugar así?

### Ejemplo 3: Clima cálido húmedo

#### *Tlacotalpan, Veracruz*

Tlacotalpan se encuentra al sureste del estado de Veracruz, en la cuenca del río Papaloapan<sup>41</sup>. Es una ciudad de larga historia y tradición, fue fundada por los totonacas y se mantiene activa hasta nuestros días. Su nombre quiere decir “Tierra partida”.

La temperatura media anual es de 25°C con una máxima promedio de 29° y mínima de 20°, aunque pueden llegar a presentarse temperaturas mayores a los 38°C en varios meses del año.

En las regiones con este clima la precipitación pluvial es abundante la mayor parte del año, y las necesidades de enfriamiento son constantes.

Como estrategia, se requiere la ventilación constante, tanto natural como mecánica. Los espacios deben ser permeables al viento y se aconseja el empleo de espacios al aire libre, protegidos por techumbres ligeras, resistentes a la lluvia.



Ejemplo 3: Tlacotalpan  
Clima cálido húmedo



Imagen 15: Casas del centro de Tlacotalpan, Veracruz

41 WIKIPEDIA, *Tlacotalpan*, [en línea], s.l., s. a., <[www.es.wikipedia.org/wiki/Tlacotalpan](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Tlacotalpan)>. [Consulta:2012]

**Uso del edificio:** Vivienda unifamiliar típica del centro de Tlacotalpan.

**Materiales de construcción:** Los muros pueden ser de barro, con un rodapié de piedra; o bien estar fabricados con tabique rojo recocido. La estructura portante de las cubiertas es de vigería de madera, cubierta de teja. Los pavimentos de las calles son de adoquín permeable, actualmente conocido como *adopasto*.

**Elementos bioclimáticos:** Las construcciones son altas, puesto que las temperaturas son elevadas y se requiere una gran cantidad de aire fresco al interior. Las ventanas amplias pueden abrir de par en par por las noches para refrescar. Los pórticos son imprescindibles: evitan el asoleamiento directo y crean un microclima de transición entre la vivienda y el exterior. En los interiores, está muy extendido el uso del tapanco y plantas libres. Se acostumbra tener dos entradas, para permitir la circulación del aire, cuando este viene fresco.

#### Actividad 16: Clima cálido húmedo

Partiendo de lo que acabas de leer sobre Tlacotalpan y su clima, dibuja las condiciones ambientales del exterior, imagina las del interior. ¿Cómo se sentiría una persona adentro y otra afuera?

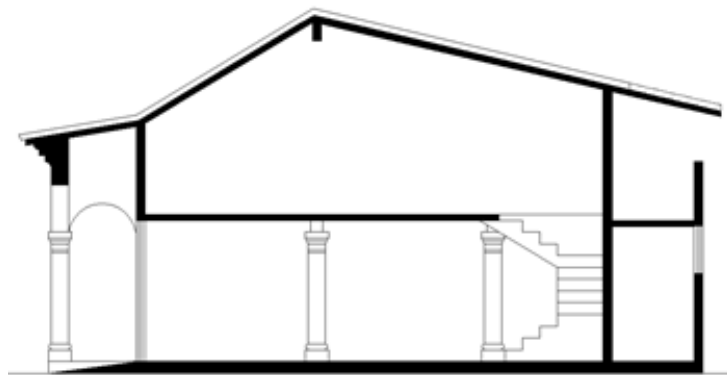


Figura 22: Corte de casa típica en Tlacotalpan

#### **Ejemplo 4: Clima templado subhúmedo**

*Mineral del Monte, Hidalgo*

Mineral del Monte (también conocido como Real del Monte), se encuentra en el estado de Hidalgo, en la zona centro del país. Pertenece al listado de “Pueblos Mágicos” de México, y se hace un esfuerzo constante por mantener viva la arquitectura vernácula, mezcla de arquitectura colonial con tintes indígenas.

En este municipio se localiza en el mapa dentro del sub-grupo climático templado subhúmedo, la temperatura media anual es de 12.6°C, la mínima de 7.1°C y la máxima promedio de 18.2°C.



Ejemplo 4: Mineral del Monte  
Clima templado sub-húmedo

Como habrás notado, las temperaturas son ligeramente más bajas que en el ejemplo anterior, por lo que (en otras clasificaciones) puede ser identificado como un clima semifrío, pero se le reconoce como templado subhúmedo. Esta diferencia de temperatura se debe a la altitud del lugar y las lluvias constantes a su cercanía con la Sierra Madre Oriental, más adelante hablaremos del porqué.

En este clima se tienen necesidades de calentamiento durante todo el año y no hay necesidad de enfriamiento, ni siquiera en los meses cálidos.

**Uso del edificio:** Mixto, habitacional y comercial.

**Materiales de construcción:** Los muros pueden ser de barro, bloque de adobe o tabique rojo. La estructura portante de las cubiertas es de vigería de madera, con una capa aislante, también de madera y recubierta de teja. Las puertas y contraventanas son de madera y funcionan como aislante térmico, evitando la salida del calor acumulado.

**Elementos bioclimáticos:** Las construcciones suelen tener niveles de una altura y media, muchas de estas tienen tapancos en el interior para retener el calor, generando microclimas dentro de la vivienda.





Imagen 16: Calle del centro histórico, Mineral del Monte

#### Actividad 17: Clima templado subhúmedo (semifrío)

Observen con atención la Imagen 17 y háganse las siguientes preguntas. Anoten las respuestas individualmente.

¿Qué detalles te hacen pensar que se trata de un clima ligeramente frío?

¿Notaste que las construcciones están muy cerca una de la otra y parecen muy cerradas? ¿A qué crees que se deba?



Imagen 17: Mineral del Monte, Hidalgo

### Actividad 18: Vivienda vernácula

Comenten en grupo sus impresiones sobre el tema de la vivienda vernácula. Anoten las respuestas individualmente.

¿Qué diferencias reconocen entre los ejemplos de vivienda vernácula de México, en los diferentes climas?

¿Existe vivienda vernácula en su comunidad? ¿Cómo es?

En su opinión ¿cuáles son las ventajas de la vivienda vernácula, cuáles las desventajas?

¿Qué elementos de estos ejemplos podrían aplicarse a una vivienda moderna?



### 4.2.2.2 Ejemplos de arquitectura bioclimática en el mundo

En las primeras páginas de este Material Didáctico, conociste la estrecha relación que la vincula a la arquitectura bioclimática con la arquitectura vernácula; viste algunos ejemplos de arquitectura vernácula mexicana; aprendiste sobre los objetivos de la arquitectura bioclimática, a identificar climas, bioclimas y estrategias de diseño bioclimático aplicables a las distintas regiones del país.

En este apartado, te presentamos cuatro ejemplos de arquitectura bioclimática internacional, con los elementos que ya tienes, serás capaz de identificar las condiciones climáticas de su emplazamiento, y distinguir las estrategias de diseño que han sido aplicadas a estos proyectos.

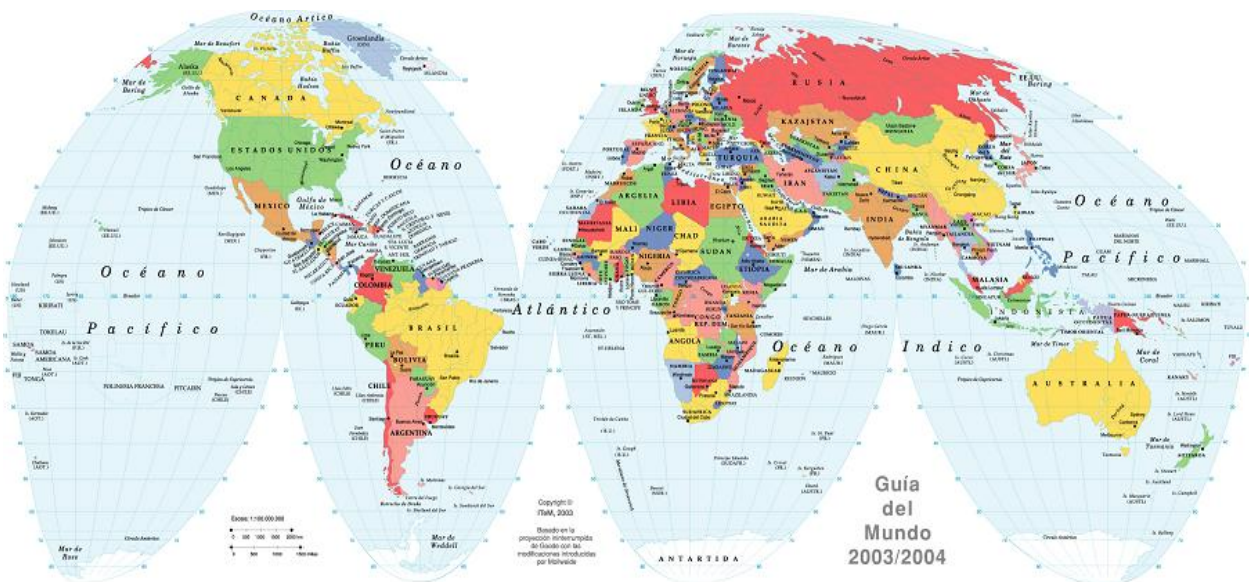
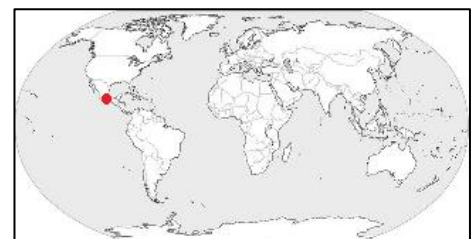


Figura 23: Mapamundi

#### Ejemplo 5: Clima templado, Edificio Expo-CIHAC

*Distrito Federal, México*

El Distrito Federal se localiza en el Valle de México, presenta un clima templado. La temperatura media anual es de 17.5°C, la mínima promedio es de 11°C y la máxima promedio de 24°C. Las lluvias se presentan en verano, la precipitación total anual es de 846.1mm. Es la capital económica y administrativa del país y es una de las ciudades



Ejemplo 5: México, México  
Clima templado subhúmedo

más pobladas del mundo. Los inviernos tienen necesidades de calentamiento y en la época de primavera y verano, es necesario evitar la penetración directa de los rayos del sol para evitar sobrecalentamiento. Los requerimientos de ventilación, se limitan a los necesarios para cambios de aire.

Este edificio se encuentra en la colonia del Valle, en la delegación Benito Juárez<sup>42</sup>.



Imagen 18: Edificio ExpoCIHAC, Ciudad de México

**Uso del edificio:** Oficinas

**Materiales de construcción:** Se aprovechó la estructura existente de un edificio de concreto armado, así que está hecho con acero y concreto.

**Estrategias bioclimáticas:** En la fachada destaca el empleo de vegetación, que no es sólo de orden decorativo, sino que sirve como regulador térmico sombreando en verano; las hojas caducan en otoño y permiten la penetración del sol, para calentar en las mañanas frías. Las ventanas son dobles, para mantener una temperatura estable y así evitar gastos de calefacción o enfriamiento de aire. El edificio cuenta con iluminación natural en la mayor parte de

<sup>42</sup> M16. *Hacia la reconversión sustentable*, [en línea], México, s. a., <<http://www.cihac.com.mx/m16.pdf>>. [Consulta: 2012].

Ejemplo 6: Clima muy seco

*Hotel Alto Atacama, Atacama, Chile*

El desierto de Atacama, en Chile, es el más seco del mundo, la precipitación pluvial es casi nula, se registran lluvias únicamente cada 40 años, la última fue en 1971<sup>43</sup>. Las temperaturas son extremas, pudiendo llegar a 45°C en verano y a 25°C bajo cero en invierno, aunque se mantiene en rangos que van de los 0°C a los 30°C en promedio.

Alto Atacama es un hotel de lujo, ubicado a 3 kilómetros del pueblo de Atacama. Ofrece un paisaje único, belleza natural y tranquilidad incomparables.

Su arquitectura respetuosa del entorno se mimetiza bajo las sombras que dejan las ruinas del Pukará de Quitor<sup>44</sup>.



Ejemplo 6: Atacama, Chile  
Clima muy seco



Imagen 19: Hotel Alto Atacama, Chile

#### Actividad 19: Desierto de Atacama

Comenten, ¿qué saben del desierto? ¿Cómo creen que se consigue el agua si llueve sólo cada 40 años? ¿Notan alguna similitud con los ejemplos de arquitectura vernácula mexicana?

<sup>43</sup> CIENCIA POPULAR, *Meteorología Extrema*, [en línea], s.l., s. a., <<http://www.cienciapopular.com/>>. [Consulta:2012]

<sup>44</sup> *Descripción general*. [Alto Atacama en línea], s.l., s. a., <<http://www.altoatacama.com/espanol/>>. [Consulta:2012]

**Uso del edificio:** Hotel

**Materiales de construcción:** Muros y losas elaborados con paneles prefabricados de concreto armado con núcleo de poliestireno expandido. El acabado de muros exteriores es una mezcla de tierra, arena y yeso; en el interior se agregó paja a la mezcla, para dar la apariencia de adobe.

Los muros decorativos son también placas de concreto armado, con acabado de laja de piedra. Algunos pisos son de madera.

**Estrategias bioclimáticas:** El sistema constructivo, además de la función de soporte, cumple con funciones de aislante térmico y acústico, gracias a los paneles de poliestireno expandido. Las ventanas son de termopanel y los marcos son de PVC para mantener estable la temperatura interior, y proteger al usuario de las variaciones del tiempo.

Los volados (aleros) funcionan como dispositivos de control solar

Cuenta con un pozo con sistema de purificación de agua. Las aguas servidas, van a una cisterna en donde recibe tratamiento para su posterior uso como agua de riego.

### Actividad 20: Envoltente del hotel Alto Atacama

Identifica las estrategias de diseño bioclimático de este corte.

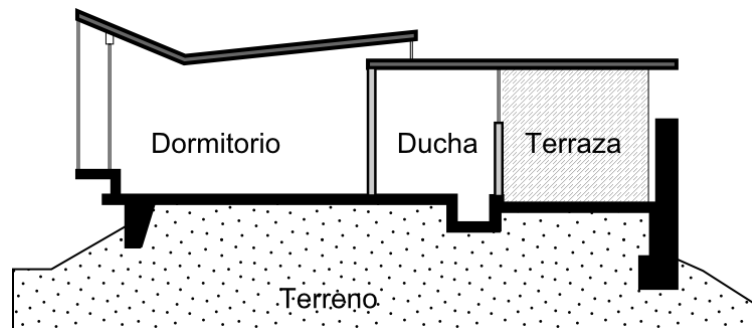


Figura 24: Hotel Alto Atacama, corte



### Ejemplo 7: Clima cálido-húmedo

*Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou, Nueva Caledonia, Oceanía*

Nueva Caledonia es un archipiélago de Oceanía, ubicado en el trópico de Capricornio. La temperatura máxima es de 28°C y la mínima de 17°C, la temperatura media es de 23°C<sup>45</sup>. Presenta lluvias en verano, que alcanzan los 1,500 mm<sup>46</sup>.

El Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou está construido en Numea, capital de Nueva Caledonia, dentro de una reserva natural, a lo largo de la costa. El proyecto busca honrar a la cultura aborigen Kanak.



Ejemplo 7: Numea, N. Caledonia  
Clima cálido húmedo

La organización general del proyecto se presenta como un poblado tradicional canaco, donde cada uno de los 10 pabellones que lo componen está agrupado en torno a un atrio central, que los une y los comunica<sup>47</sup>.



Imagen 20: Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou

<sup>45</sup> GOBIERNO DE NUEVA CALEDONIA, *Página de gobierno*, [en línea], Nueva Caledonia, s. a., <<http://www.nouvelle-caledonie.gouv.fr/site/La-Nouvelle-Caledonie/Donnees-Geographiques>>. [Consulta:2012]

<sup>46</sup> IEOM, *Reporte anual*, [en línea] Nueva Caledonia, 2010, <[http://www.ieom.fr/IMG/pdf/ra2010\\_nouvelle-caledonie.pdf](http://www.ieom.fr/IMG/pdf/ra2010_nouvelle-caledonie.pdf)>. [Consulta:2012]

<sup>47</sup> SILVA RUÍZ, Andrea, *Blog de Notas Arquitectónicas*, [en línea], s. l., 2008, <<http://ac.silvaruiz.free.fr/blog/index.php?2008/12/07/73-renzo-piano-y-su-centro-cultural-jean-marie-tjibaou-en-nueva-caledonia>>. [Consulta:2012]

**Uso del edificio:** Centro cultural

**Materiales de construcción:** Madera de iroko, acero, vidrio, corcho.

**Estrategias Bioclimáticas:** El clima nos manda a mantener los interiores frescos, bien sombreados y ventilados naturalmente. Las envolventes están diseñadas con similitud a las casas de los Kanak, sólo que por las grandes dimensiones. Las cubiertas y aleros evitan el paso de la lluvia y la incidencia solar directa, mientras que los muros calados permiten la libre circulación del viento y refresca los espacios.

### **Ejemplo 8: Clima frío (o de hielos perpetuos)**

*Refugio alpino Monte Rosa, Alpes Suizos*

El clima polar, se caracteriza porque la temperatura media de todos los meses es inferior a  $^{\circ}\text{C}$ , por lo que el verano es prácticamente inexistente. Como podrás observar en la Imagen 21: Refugio alpino Monte Rosa, no hay ningún tipo de vegetación. En México es prácticamente inexistente, se encuentran variaciones con gran semejanza en las cumbres altas de las sierras nevadas.

El Macizo del Monte Rosa es un macizo montañoso que se encuentra en las regiones italianas del Piemonte y el Valle de Aosta y en el cantón de Valais (Wallis) de Suiza. Esta en la parte oriental de los Alpes Peninos, en la misma sierra de montañas que el Cervino<sup>48</sup>. Es un clima Glaciar, que fácilmente llega a los  $40^{\circ}\text{C}$  bajo cero, aunque mantiene temperaturas promedio de  $-7.1^{\circ}\text{C}$  y  $-35^{\circ}\text{C}$ <sup>49</sup>. Las nevadas son frecuentes y los hielos permanentes.



Ejemplo 8: Monte Rosa, Suiza  
Clima frío

<sup>48</sup> WIKIPEDIA, *Macizo del Monte Rosa*, [en línea] s.l., s. a., <[http://es.wikipedia.org/wiki/Macizo\\_del\\_Monte\\_Rosa](http://es.wikipedia.org/wiki/Macizo_del_Monte_Rosa)>. [Consulta:2012]

<sup>49</sup> METEOGIORNALE, [en línea] s.l., s. a., <<http://www.meteogiornale.it/notizia/2920-1-capanna-margherita-venti-volte-a-30-c>>. [Consulta:2012]



La obra de este refugio alpino, corrió a cargo de la Escuela Politécnica Federal de Zúrich (EPFZ) en cooperación con el Club Alpino Suizo (CAS) y servirá también como laboratorio para tecnologías de construcción civil sostenible<sup>50</sup>.

---

<sup>50</sup> SWISS INFO, [en línea] s. l., 2010., <[http://www.swissinfo.ch/spa/Portada/Actualidad/Un\\_refugio\\_alpino\\_como\\_laboratorio\\_del\\_futuro.html?cid=904202](http://www.swissinfo.ch/spa/Portada/Actualidad/Un_refugio_alpino_como_laboratorio_del_futuro.html?cid=904202)>. [Consulta:2012]



Imagen 21: Refugio alpino Monte Rosa

**Uso del edificio:** Albergue para alpinistas

**Materiales de construcción:** Madera, paneles aislantes a base de placas de madera, aluminio y lana mineral de alta densidad, ventanas con capa de aire y marco aislante, vidrios dobles.

**Estrategias Bioclimáticas:** El agua de deshielo se recoge en una instalación de 200.000 m<sup>3</sup>. Después de usarse en la cocina y en las duchas, se recicla para emplearse en los sanitarios y es tratada antes de devolverse al ambiente. Los cuartos, las escaleras internas y el comedor son de madera. Toda la energía eléctrica y calorífica es generada con fotoceldas.

## LISTA DE REFERENCIAS PARA FIGURAS, TABLAS, ACTIVIDADES E IMÁGENES

<b>Índice de actividades</b>	<b>Página</b>
Actividad 1: Clima y tiempo.....	6
Actividad 2: Temperatura y precipitación .....	10
Actividad 3: Humedad, viento y presión .....	12
Actividad 4: Nubosidad e insolación .....	14
Actividad 5: Coordenadas geográficas .....	15
Actividad 6: Factores del clima .....	17
Actividad 7: Agrupación bioclimática de ciudades .....	25
Actividad 8: Objetivos de la arquitectura bioclimática .....	34
Actividad 9: Asimilación de conceptos .....	35
Actividad 10: Ubicación de ciudades y climas .....	37
Actividad 11: Reflexiones sobre la vivienda vernácula .....	41
Actividad 12: Mosaico .....	41
Actividad 13: Mapa de biodiversidad .....	42
Actividad 14: Clima templado subhúmedo .....	43
Actividad 15: Clima muy seco .....	47
Actividad 16: Clima cálido húmedo .....	49
Actividad 17: Clima templado subhúmedo (semifrío) .....	51
Actividad 18: Vivienda vernácula.....	52
Actividad 19: Desierto de Atacama .....	54
Actividad 20: Envoltorio del hotel Alto Atacama .....	54

<b>Índice de figuras</b>	<b>Página</b>
Figura 1: Climas en el mundo .....	5
Fuente: Profesor en línea; < <a href="http://www.profesorenlinea.cl/imagenciencias/clima015.jpg">http://www.profesorenlinea.cl/imagenciencias/clima015.jpg</a> >	
Figura 2: Lluvia, nieve, granizo .....	8
Fuente: Mójate; < <a href="http://mojate.jccm.es/images/qsciclopin.jpg">http://mojate.jccm.es/images/qsciclopin.jpg</a> >	
Figura 3: Rosa de los vientos .....	10
Fuente: Cobach; < <a href="http://www.cobach-elr.com/">http://www.cobach-elr.com/</a> >	
Figura 4: Circulación global de vientos .....	10
Fuente: Revista micro relatos; < <a href="http://3.bp.blogspot.com/">http://3.bp.blogspot.com/</a> >	

Figura 5: Presión atmosférica .....	11
Fuente: Ecured; < <a href="http://www.ecured.cu">www.ecured.cu</a> >	
Figura 6: Tipos de nubes .....	13
Fuente: Ventana abierta; < <a href="http://ventanaabiertamyblog.files.wordpress.com">http://ventanaabiertamyblog.files.wordpress.com</a> >	
Figura 7: Representación de la nubosidad .....	14
Fuente: Educaplus; < <a href="http://www.educaplus.org">www.educaplus.org</a> >	
Figura 8: Mapa mundial de insolación total anual .....	15
Fuente: Green Rhino Energy; < <a href="http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation">http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation</a> >	
Figura 9: Latitud y longitud.....	16
Fuente: IEP Bachillerato; < <a href="http://iepbachillerato.files.wordpress.com">http://iepbachillerato.files.wordpress.com</a> >	
Figura 10: Relieve continental .....	17
Fuente: Kalipedia; < <a href="http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/geografia/">http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/geografia/</a> >	
Figura 11: Mapa de humedad del suelo.....	18
Fuente: INEGI; < <a href="http://www.inegi.org.mx">www.inegi.org.mx</a> >	
Figura 12: Clasificación climática de Flohn.....	18
Fuente: Los paisajes que nos rodean; < <a href="http://t3.gstatic.com/images">http://t3.gstatic.com/images</a> >	
Figura 13: Grupos y subgrupos climáticos, según INEGI, basado en Köppen-García.....	19
Fuente: Elaborado para CONALEP, con datos de INEGI; < <a href="http://mapserver.inegi.gob.mx">http://mapserver.inegi.gob.mx</a> >	
Figura 15: Comunidad rural.....	21
Fuente: Paco el chato; < <a href="http://pacoelchato.com/cqs/imagenes/n501301.jpg">http://pacoelchato.com/cqs/imagenes/n501301.jpg</a> >	
Figura 16: Matriz para la agrupación bioclimática de ciudades.....	23
Fuente: T. R. para CONALEP; con datos de Víctor Fuentes y Aníbal Figueroa (UAM)	
Figura 17: Movimiento aparente del Sol en una localidad para invierno y verano .....	29
Fuente: New Mexico State University (NMSU[ <i>Universidad de Nuevo México</i> ]) < <a href="http://solar.nmsu.edu/wp_guide/Images/Image40s.gif">http://solar.nmsu.edu/wp_guide/Images/Image40s.gif</a> >	
Figura 18: Proyección de la trayectoria solar y los edificios sobre la bóveda celeste.....	30
Fuente: HENRÍQUEZ, Bruno, < <a href="http://www.ecovida.pinar.cu/energia/HTML/Revistas%20Energia%20y%20Tu/Energia16/imagenes/trayecSolcasas.gif">http://www.ecovida.pinar.cu/energia/HTML/Revistas%20Energia%20y%20Tu/Energia16/imagenes/trayecSolcasas.gif</a> >	
Figura 19: Distintas orientaciones para edificios.....	31
Fuente: AUTODESK, < <a href="http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/sites/default/files/images/Orientation%20for%20shade%20-%20revised.jpg">http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/sites/default/files/images/Orientation%20for%20shade%20-%20revised.jpg</a> >	
Figura 20: Ejemplo de un diseño bioclimático .....	32
Fuente: Cortesía de Cenit Arquitectos, México	
Figura 21: Mapa de grupos y subgrupos climáticos. ....	39

Fuente: Elaborado para CONALEP, con datos de INEGI	
Figura 22: Biodiversidad de México, SEMARNAT .....	42
Fuente: SEMARNAT, Infografía	
Figura 23: Corte de casa típica en Tlacotalpan.....	49
Fuente: Cortesía de la familia Rivera-Gedovius	
Figura 24: Mapamundi .....	53
Fuente: Portal Planetas, <a href="http://www.portalplanetasedna.com.ar">http://www.portalplanetasedna.com.ar</a> >	
Figura 25: Hotel Alto Atacama, corte.....	54
Fuente: Elaborado para CONALEP, con datos de < <a href="http://noticias.arq.com.mx">http://noticias.arq.com.mx</a> >	

<b>Índice de Imágenes</b>	<b>Página</b>
Imagen 1: La temperatura es el resultado de la acción de los rayos del sol sobre la tierra.....	7
Fuente: Fondos ya; < <a href="http://www.fondosya.com/">http://www.fondosya.com/</a> >	
Imagen 2: Humedad en el aire .....	9
Fuente: Granada Natural; < <a href="http://www.gradanatural.com">http://www.gradanatural.com</a> >	
Imagen 3: Manglares de la costa oeste mexicana. Clima cálido .....	20
Fuente: SEMARNAT; < <a href="http://www.biodiversidad.gob.mx/">http://www.biodiversidad.gob.mx/</a> >	
Imagen 4: Monstruo de Gila, desierto de Sonora. Clima seco. ....	20
Fuente: Obson; < <a href="http://obson.wordpress.com">http://obson.wordpress.com</a> >	
Imagen 5: Volcán Popocatepetl, Tlaxcala. Climas templados y fríos. ....	21
Fuente: Wikimedia; < <a href="http://upload.wikimedia.org/">http://upload.wikimedia.org/</a> >	
Imagen 6: Reflejos del Sol sobre el mar al atardecer .....	27
Fuente: PAISAJESS, < <a href="http://paisajess.com/wallpaper/Paisajes-De-Sol/">http://paisajess.com/wallpaper/Paisajes-De-Sol/</a> >	
Imagen 8: El Sol.....	28
Fuente: NASA, < <a href="http://apod.nasa.gov/apod/ap081004.html">http://apod.nasa.gov/apod/ap081004.html</a> >	
Imagen 9: Arquitectura vernácula de Japón .....	34
Fuente: Travel Blog; < <a href="http://4.bp.blogspot.com">http://4.bp.blogspot.com</a> >	
Imagen 10: Confort humano .....	36
Fuente: Catster; < <a href="http://www.catster.com/files/woman-cat-couch.jpg">http://www.catster.com/files/woman-cat-couch.jpg</a> >	
Imagen 11: Casa Maya .....	40
Fuente: Mayananswer; < <a href="http://www.ndipartidos.org/">http://www.ndipartidos.org/</a> >	
Imagen 12: Mosaico de ejemplos.....	41
Fuente: Varias.	

Imagen 13: Vivienda unifamiliar de adobe .....	44
Fuente: Google maps; [Google maps, 2010]	
Imagen 14: Patio de vivienda prehispánica en Paquimé, siglo XIII .....	45
Fuente: INAH, Chihuahua; < <a href="http://inahchihuahua.wordpress.com">http://inahchihuahua.wordpress.com</a> >	
Imagen 15: Cueva de las ventanas, Chihuahua .....	47
Fuente: INAH, Chihuahua; < <a href="http://inahchihuahua.wordpress.com">http://inahchihuahua.wordpress.com</a> >	
Imagen 16: Casas del centro de Tlacotalpan, Veracruz .....	48
Fuente: Radio Veracruz; < <a href="http://www.radiover.info">http://www.radiover.info</a> >	
Imagen 17: Calle del centro histórico, Mineral del Monte .....	51
Fuente: México desconocido; < <a href="http://www.mexicodesconocido.com.mx/">http://www.mexicodesconocido.com.mx/</a> >	
Imagen 18: Mineral del Monte, Hidalgo .....	52
Fuente: Skyscrapercity; < <a href="http://i40.tinypic.com/dbt6oo.jpg">http://i40.tinypic.com/dbt6oo.jpg</a> >	
Imagen 19: Edificio ExpoCIHAC, Ciudad de México .....	54
Fuente: CIHAC; < <a href="http://www.cihac.com.mx/reconversion.htm">http://www.cihac.com.mx/reconversion.htm</a> >	
Imagen 20: Hotel Alto Atacama, Chile .....	54
Fuente: Alto Atacama; < <a href="http://www.altoatacama.com">http://www.altoatacama.com</a> >	
Imagen 21: Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou .....	54
Fuente: Dorian Buchi; < <a href="http://2.bp.blogspot.com">http://2.bp.blogspot.com</a> >	
Imagen 22: Refugio alpino Monte Rosa .....	54
Fuente: Tonatiuh Ambrosetti; < <a href="http://www.neuemonterosahuette.ch">http://www.neuemonterosahuette.ch</a> >	

<b>Índice de Tablas</b>	<b>Página</b>
Tabla 1: Conversión de temperaturas .....	7
Fuente: Elaborada para CONALEP	
Tabla 2: Clasificación de la lluvia .....	8
Fuentes: Elaborada para CONALEP, con datos de INEGI y Wikipedia.	
Tabla 3: Clasificación anual de lluvias .....	8
Fuentes: Elaborada para CONALEP, con datos de INEGI y Wikipedia.	
Tabla 4: Temperatura para agrupación bioclimática de ciudades .....	23
Fuente: F. FREIXANET, op. cit., 2004	
Tabla 5: Precipitación pluvial para agrupación bioclimática de ciudades .....	24
Fuente: F. FREIXANET, op. cit., 2004	



## Glosario de términos

<i>Altitud:</i>	Distancia vertical de un objeto o punto sobre un plano de comparación, usualmente en relación al nivel del mar.
<i>Arquitectura bioclimática:</i>	Es aquella que toma las condiciones naturales del entorno y el confort del ser humano como punto de partida para el diseño de espacios.
<i>Arquitectura vernácula:</i>	Modo tradicional en que las comunidades producen su propio hábitat. Forma parte de un proceso continuo, que incluye cambios necesarios y una continua adaptación como respuesta a los requerimientos sociales y ambientales; es la expresión fundamental de la identidad de una comunidad, de sus relaciones con el territorio y al mismo tiempo, la expresión de la diversidad cultural del mundo
<i>Clima:</i>	Conjunto de fenómenos que caracterizan el estado medio de la atmósfera de un lugar de la tierra en un periodo mínimo de 10 años. Se forma por la temperatura, el régimen de lluvias, la dirección y fuerza del viento, la humedad relativa, la insolación, la presión atmosférica y la nubosidad. La variación de los elementos del clima de un lugar a otro y de una estación a otra se debe a factores como latitud (distancia angular del ecuador), altitud (altura sobre el nivel del mar), relieve (configuración superficial de la tierra), distribución de tierra, agua y corrientes marinas. En México, de acuerdo con el sistema Köppen (1948)
<i>Confort:</i>	La sensación de bienestar proporcionada por el ambiente. El confort en la arquitectura, involucra condiciones de temperatura,

humedad ambiental, calidad del aire, un ambiente sonoro libre de ruido y la sensación de seguridad que brinda el espacio contra las condiciones adversas del entorno inmediato.

*Ecotecnologías:*

Ecotecnología es una ciencia aplicada que integra los campos de estudio de la ecología y la tecnología. Consiste en utilizar los avances de la tecnología para conseguir mejorar el medio ambiente mediante una menor contaminación y una mayor sostenibilidad.

*Geografía mexicana:*

Geografía quiere decir descripción de la Tierra. La Geografía es la ciencia que estudia los hechos y los fenómenos físicos, biológicos y humanos, considerados en su distribución sobre la superficie de la Tierra, así como la investigación de las causas que los producen y sus relaciones mutuas. INEGI

*Humedad relativa:*

El estado higrométrico o humedad relativa es la relación de cantidad de vapor de agua, expresada en gramos, realmente contenida en un volumen de un metro cúbico de aire, y la cantidad que contiene ese volumen si estuviese saturado de vapor de agua; ambas mediciones a la misma temperatura. El resultado, llamado estado higrométrico, se suele expresar en un tanto por ciento. Según la temperatura, puede el aire admitir más o menos humedad.

*Insolación:*

La insolación es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diaria) o en un año (insolación anual).

*Latitud:*

Conjunto de líneas imaginarias que dividen a la Tierra del Ecuador hacia el Norte y hacia el Sur. Cada línea tiene un valor en grados (representan una de las coordenadas geográficas) y sirve para localizar un punto sobre la superficie terrestre de manera precisa.

- Longitud:* Se define como el valor angular existente entre el meridiano del lugar y el meridiano origen (Greenwich). El meridiano origen es el que pasa por el observatorio de Greenwich y comúnmente se le designa como meridiano de Greenwich.
- Radiación solar:* Radiación emitida por el Sol. Se le llama también radiación de onda corta. La radiación solar tiene una gama de longitudes de onda (espectro) distintiva, determinada por la temperatura del Sol. La naturaleza de transformación de la materia del Sol es atómica, es decir, que los átomos de algunos de sus compuestos se descomponen para formar otros compuestos. Al producirse la transformación atómica de los compuestos simples del Sol se genera energía en forma de luz y de energía radiante que llega hasta la Tierra. La energía solar disminuye al pasar por la atmósfera; a la pérdida de energía solar se le llama depleción, y a la energía solar que se recibe en la superficie de la Tierra se le denomina insolaación. Tanto el movimiento de rotación como el de traslación influyen en la distribución geográfica de la radiación solar.
- Soluciones activas:* Son aquellas soluciones de diseño, que implementan el uso de sistemas mecánicos o involucran el uso o generación de energía y combustibles, por ejemplo, los colectores solares para el calentamiento de agua o los paneles fotovoltaicos, los sistemas de aire acondicionado, o de calentamiento de aire. Pueden o no ser ecológicas.
- Soluciones pasivas:* Son los elementos del diseño que funcionan sin necesidad de consumo energético o con intervenciones mínimas por parte del usuario. Es decir: la orientación de la envolvente, dispositivos de control solar, vegetación, estanques, ventanas, etc.
- Vapor de agua:* La cantidad de vapor de agua en la atmósfera es variable, siendo

mayor en la regiones marítimas, depende de la evaporación y la evapotranspiración que se produce en la superficie de la tierra, y a pesar de encontrarse en pequeñas proporciones en la atmósfera, hasta un 3%, este gas juega un papel muy importante en la formación de los fenómenos meteorológicos

- Veleta:* Instrumento que indica o registra la dirección de la que sopla el viento.
  
- Velocidad del viento:* Razón del movimiento del viento en unidad de distancia por unidad de tiempo.
  
- Vientos alisios:* Sistema de vientos relativamente constantes en dirección y velocidad que soplan en ambos hemisferios, desde los 30° de latitud hacia el ecuador con dirección noreste en el hemisferio norte y sureste en el hemisferio sur.