

# CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL CLIMA PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN VENEZUELA

Luis A. Rosales S.

Área de Habitabilidad, Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, IDEC,  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, e-mail:  
*luisrosalesucv@gmail.com*

## RESUMEN

Definir zonas climáticas asociadas a pautas arquitectónicas específicas es una labor que se ha realizado en muchos países. En términos generales, los procedimientos se han basado en examinar tres tipos de información: a) los elementos del clima y su variación geográfica, b) la relación entre los elementos del clima y el confort térmico y c) la relación entre los elementos del clima, el confort térmico y el diseño. Ahora bien, por su carácter macro, cualquier clasificación climática tendrá una aplicabilidad limitada en proyectos de diseño específicos. Pensar en corregirla discretizando a nivel de microescala, resultaría en una discrepancia entre el método y su objetivo, en cuanto a que tales clasificaciones no pueden pretender dar cuenta de las especificidades de cada proyecto. Partiendo de una reflexión sobre el alcance de propuestas hechas en el IDEC con anterioridad, se propone una clasificación climática de Venezuela basada en una descripción de la sensación higrotérmica desde la perspectiva del acostumbramiento a un clima promedio y buscando una relación sencilla entre ésta y las pautas arquitectónicas. El procedimiento relaciona estadísticamente la sensación térmica, la temperatura del aire, la humedad y la altitud y toma en consideración que en Venezuela la amplitud térmica anual no supera 5°C.

**Palabras clave:** Clima, diseño bioclimático, confort térmico

## INTRODUCCIÓN

La división de un país o región en zonas climáticas asociadas a recomendaciones arquitectónicas específicas es una noción que ha sido desarrollada en muchos países. Las maneras en que esto se ha hecho se pueden agrupar en: a) clasificaciones basadas en las variaciones geográficas de uno o más elementos del clima y orientadas a reunir las localidades con rangos y combinaciones similares (Hobaica, 1984; Khedari *et al.*, 2002; Sosa y Siem, 2004; Lam *et al.*, 2005). Aquí la perspectiva es básicamente climática y puede inspirarse en las clasificaciones climáticas clásicas (como la de Köppen) introduciendo aspectos como el relieve y la vegetación. La relación con el confort térmico y con el diseño, aunque implícita en los objetivos, se establece posteriormente; b) clasificaciones basadas en la sensación térmica característica de cada clima, evaluada por medio de algún indicador de confort (p.ej. la temperatura del aire, la temperatura operativa o la temperatura efectiva) (Curiel, 1982; Marsh, 2003). El análisis puede ser sólo numérico o relacionarse con aspectos como el relieve y la vegetación. Aunque implícita, la relación entre las zonas así definidas y el diseño se argumenta posteriormente; c) clasificaciones basadas en un enfoque bioclimático que apele a métodos de ayuda al diseño iniciales (*i.e.*, grados-día o grados-hora, diagramas

bioclimáticos o tablas de Mahoney) (Roriz *et al.*, 1999; Briggs *et al.*, 2002; Ajibola, 2001; Lam *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 2007; Rakoto *et al.*, 2009). Esta forma de definir zonas climáticas quizá sea la más completa, al considerar la relación entre el clima, el confort y el diseño en términos del potencial de determinadas estrategias de diseño concebidas genéricamente (p.ej., enfriamiento, calentamiento, ventilación natural, masa térmica, etc.). Las clasificaciones climáticas normativizadas utilizan este último criterio (ASHRAE 91.1:2010; BCA, 2009; Directiva 2002/91/CE).

Los objetivos de una clasificación climática son básicamente dos: a) en el marco de un proyecto, una vez conocida la zona climática en que está el terreno, prever, en términos generales, el tipo de diseño que el clima demanda, el tipo de métodos de ayuda al diseño adecuados, las técnicas previsibles y, en la medida en que las zonas climáticas utilizadas sean las de las normas, cumplir con las indicaciones que las mismas asocian a cada una o aplicar los manuales concebidos según esas normas; b) en el ámbito académico (I+D+i, divulgación y enseñanza), al igual que en el ámbito normativo, las zonas climáticas permiten cubrir, en términos genéricos, todos los contextos.

En contrapartida, por su carácter general, las clasificaciones climáticas son de una utilidad limitada en diseños concretos. Revelan, ciertamente, las condiciones *probables*, pero, debido a la fuerte influencia que pueden tener los modificadores locales del clima (cercanía de masas de agua, entorno vegetal y construido, topografía del lugar, etc.), la inspección *in situ* y, eventualmente, la toma de mediciones, es necesaria. Adicionalmente, las series meteorológicas de las estaciones más cercanas, en la medida en que estén disponibles y sean representativas, constituyen una información que permite, usando los debidos métodos, caracterizar el clima local de forma más concreta que apelando a la zonificación climática (*i.e.*, usando métodos como los grados-día o los grados-hora, las diagramas bioclimáticos o las tablas de Mahoney, todos de aplicabilidad muy sencilla en computadoras). Pensar, por otro lado, en corregir las limitaciones de las clasificaciones climáticas discretizando a nivel de microescala, usando la mayor cantidad de información y trayendo el mayor número de criterios de clasificación, incluyendo los modificadores locales del clima, resultaría en una discrepancia entre el método y su objetivo, en cuanto a que tales clasificaciones no pueden pretender sustituir la evaluación del contexto climático en el marco de un proyecto específico. Una labor como esa tendría además como límite la indeterminación propia de los modelos climáticos. Ligado a lo anterior, y al margen de la discusión sobre las limitaciones de las normas de carácter descriptivo y procedimental, una de las paradojas de considerar la zonificación climática como algo exacto se presenta en las normas que exponen especificaciones constructivas detalladas y subordinadas a una clasificación climática concebida con criterios de un nivel de precisión muy distinto (p.ej.: ASHRAE 91.1:2010). Finalmente, Szokolay (1986) observa que clasificar los climas de un país o región desde la perspectiva del confort apunta a un blanco móvil, en razón de que las condiciones de confort dependen del clima (adaptación). De ahí que considerase vago el *etiquetado* de un clima en términos de sensación térmica y planteara en su lugar un método (llamado *control potential technique*) basado en determinar, desde su propio contexto, el potencial de un clima para lograr confort por medio de estrategias de diseño generales (Szokolay, 1986; Ajibola, 2001). En conclusión, la aplicabilidad de cualquier clasificación climática para el diseño arquitectónico estará sujeta a mantener presentes sus presupuestos, alcances y limitaciones.

## 1. ZONAS CLIMÁTICAS DE VENEZUELA PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

### 1.1. Antecedentes

Las clasificaciones climáticas para el diseño arquitectónico propuestas en Venezuela (para todo el territorio) han sido hasta la fecha tres: a) Con base en la temperatura efectiva exterior y las clasificaciones climáticas tradicionales, Curiel (1982) dividió al país en tres zonas (regiones tropicales secas, regiones tropicales húmedas y regiones templadas) y planteó pautas generales de diseño para cada una; b) Hobaica (1984), luego de analizar los datos de 17 estaciones y los mapas meteorológicos construidos por Álvarez (1983), clasificó al país en tres zonas dependientes de la altitud (*i.e.*, de la temperatura, al estar ambas relacionadas). Estas zonas son: Zona A (0 a 500 msnm), Zona B (500 a 1000 msnm) y Zona C (más de 1000 msnm). A éstas zonas las relacionó luego con una descripción de los otros elementos del clima, especialmente el viento; c) Sosa et al. (2004, 21-28), con base en las variaciones de los elementos del clima y la geografía del país, y considerando la relación entre éstos y el diseño, plantearon cuatro zonas climáticas, dos de las cuales tienen a su vez subzonas. Estas son: Zona 1: zona norte costera (1A: zonas fuertemente ventosas [sitios muy áridos] y 1B: zonas costeras restantes); Zona 2: zona de tierras bajas continentales (0 a 500 msnm) (2A: zonas bajas en general y 2B: zonas bajas con vientos débiles); Zona 3: zona de altitud templada (500 a 1000 msnm); Zona 4: zona de altitud fría (más de 1000 msnm). A diferencia de la de Curiel, las clasificaciones de Hobaica y Sosa *et al.* no han trascendido en forma de pautas de diseño o normas asociadas a ellas.

Más allá de las clasificaciones propias, están las clasificaciones de las normas internacionales. Su utilidad es que, al unificar criterios, permiten, por un lado, la comparación y, por otro, la aplicación de los procedimientos, especificaciones y normas asociados. Quizá la más conocida sea la clasificación de la norma ASHRAE 90.1 (2010) (*Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*). En dicha norma se catalogan los climas de la tierra en función de los grados-día de enfriamiento para 10 °C (GDE10°C) y los grados-día de calentamiento para 18 °C (GDC18°C). Son ocho los tipos de clima posibles, yendo desde clima *muy caliente* hasta clima *subártico*. El método agrega criterios para definir tres posibles subzonas de algunos de los ocho tipos principales de clima: la subzona A implicaría un clima húmedo, la subzona B un clima seco y la subzona C un clima marino. La tabla 1 resume los criterios de clasificación.

La Tabla 2 presenta el resultado de aplicar la norma ASHRAE 90.1 a 11 localidades venezolanas. Obsérvese, desde una perspectiva local, y siempre que la calificación de los tipos de clima se asocie a la sensación térmica, que la norma acentúa el lado caliente/cálido. Es así que al clima de Valencia se le califica de *muy caliente*, al de Caracas de *caliente*, el de Mérida de *cálido* y al de Apartaderos de *fresco*. Esto es comprensible si se advierte que la norma engloba en ocho grupos todos los climas de la tierra y que su meta es el ahorro energético en edificios (p.ej. ciudades como Marsella, Milán y Roma reciben la misma calificación que La Colonia Tovar).

Tabla 1: Definición internacional de zonas climáticas (Apéndice normativo B - ASHRAE 90.1 - Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings)

Nº	Nombre de la zona climática	Criterio térmico
1A y 1B	Muy caliente/Húmedo (1A)-Seco (1B)	$5000 < GDE_{10^{\circ}C}$
2A y 2B	Caliente/Húmedo (2A)-Seco (2B)	$3500 < GDE_{10^{\circ}C} \leq 5000$
3A y 3B	Cálido/Húmedo (3A)-Seco (3B)	$2500 < GDE_{10^{\circ}C} \leq 3500$
3C	Cálido/Marino (3A)	$GDE_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $GDC_{18^{\circ}C} \leq 2000$
4A y 4B	Mixto/Húmedo (4A)-Seco (4B)	$GDE_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $GDC_{18^{\circ}C} \leq 3000$
4C	Mixto/Marino (4A)	$2000 < GDC_{18^{\circ}C} \leq 3000$
5A, 5B y 5C	Fresco/Húmedo (5A)-Seco (5B)-Marino (5C)	$3000 < GDC_{18^{\circ}C} \leq 4000$
6A y 6B	Frío / Húmedo (6A)-Seco (6B)	$4000 < GDC_{18^{\circ}C} \leq 5000$
7	Muy frío	$5000 < GDC_{18^{\circ}C} \leq 7000$
8	Subártico	$7000 < GDC_{18^{\circ}C}$

Definición de Marino (C): localidades que cumplan con todos los siguientes criterios:

1. Temperatura media del mes más frío entre  $-3^{\circ}C$  y  $18^{\circ}C$
2. Temperatura media del mes más cálido  $< 22^{\circ}C$
3. Al menos cuatro meses con temperaturas medias mayores de  $10^{\circ}C$ .
4. La temporada fría es la más lluviosa (Oct-mar en el hemisferio norte y abr-sep en el hemisferio sur).

Definición de seco (B): localidades que cumplan el siguiente criterio:

$$P < 2(T+7)$$

Donde:

P = precipitación anual en cm y

T = temperatura media anual en  $^{\circ}C$

Definición de húmedo (A): localidades que no sean marinas ni secas.

Tabla 2: Zonas climáticas de 11 localidades venezolanas según los criterios de la norma ASHRAE 90.1 (2010) (Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings)

Localidad	Altitud (m)	T media ( $^{\circ}C$ )	Precipitación anual (cm)	GDE1 $0^{\circ}C$	GDC18 $^{\circ}C$	Zona climática
Barcelona	7	28,1	55,3	5969	0	1A:muy caliente/seco
Porlamar	10	27,7	49,9	6192	0	1A:muy caliente/seco
Maiquetía	43	26,9	82,5	6002	0	1B:muy caliente/húmedo
Maracaibo	66	28,8	51,6	6446	0	1A:muy caliente/seco
P.Ayacuch	73	28,5	238,6	6291	0	1B:muy caliente/húmedo
Calabozo	100	29,2	149,5	6470	0	1B:muy caliente/húmedo
Valencia	430	27	46,3	5339	2	1A:muy caliente/seco
Caracas	835	23,8	91,7	4088	79	2B:caliente/húmedo
Mérida	1479	21	113,5	3494	204	3B:cálido/húmedo
C. Tovar	1790	16	95,1	2238	1180	4B:mixto/húmedo
Apartaderos	3500	11,5	ND	93	3605	5A:fresco/húmedo

## 2. PROPUESTA DE UNA CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA SIMPLE PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Fuera del ámbito de las normas, la imprecisión asociada a las clasificaciones climáticas justifica usar un método sencillo basado en una descripción consensuada de la sensación higrotérmica desde la perspectiva del acostumbramiento a un clima promedio (moderado) y buscando una relación simple entre ésta y las pautas de diseño. En esta onda, Marsh (2003) propone una clasificación basada, por un lado, en las temperaturas efectivas que marcan: a) la frontera entre *caliente* y *cálido* (33 °C, igual a la temperatura promedio de la piel en condiciones de confort [por encima de 33 °C la convección transfiere calor del aire al cuerpo]; b) entre *cálido* y *moderado* (27 °C, límite derecho de la zona de confort de ASHRAE); c) entre *moderado* y *fresco* (20 °C, límite izquierdo de la zona de confort de ASHRAE); y, por otro lado, en la humedad absoluta equivalente a la presión de vapor de saturación a la temperatura promedio de la piel (33 °C) por encima de la cual el sudor comienza a tener dificultades para evaporarse (13 gr/kg). Esta humedad marca la frontera entre climas *secos* y *húmedos* (lo que sólo aplica en condiciones calientes o cálidas, que es cuando la humedad es importante). Las zonas así definidas son 6: *fresco/frío*, *moderado*, *cálido seco*, *cálido húmedo*, *caliente seco* y *caliente húmedo*. Estas zonas se dibujan luego en el diagrama psicrométrico, donde se las coteja con las temperaturas máximas medias mensuales que describen el clima de una localidad a mitad del día, que es la circunstancia que se toma como referencia.

En la Figura 1 se presenta esta clasificación y se contrapone con las áreas en que caen las medias máximas mensuales de 11 localidades del país. Nótese que por tener Venezuela una amplitud anual pequeña (< 5 °C), ningún sitio pasará por más de dos tipos de clima al año. Nótese igualmente que en ningún caso el clima será *seco*. De ahí que se puedan finalmente plantear para Venezuela seis zonas según si las temperaturas máximas medias anuales caen cerca del centro de cada tipo de clima o cerca de sus límites, lo que indicaría que las variaciones estacionales hacen que una localidad pase a lo largo del año de un tipo de clima a otro (Figura 2).

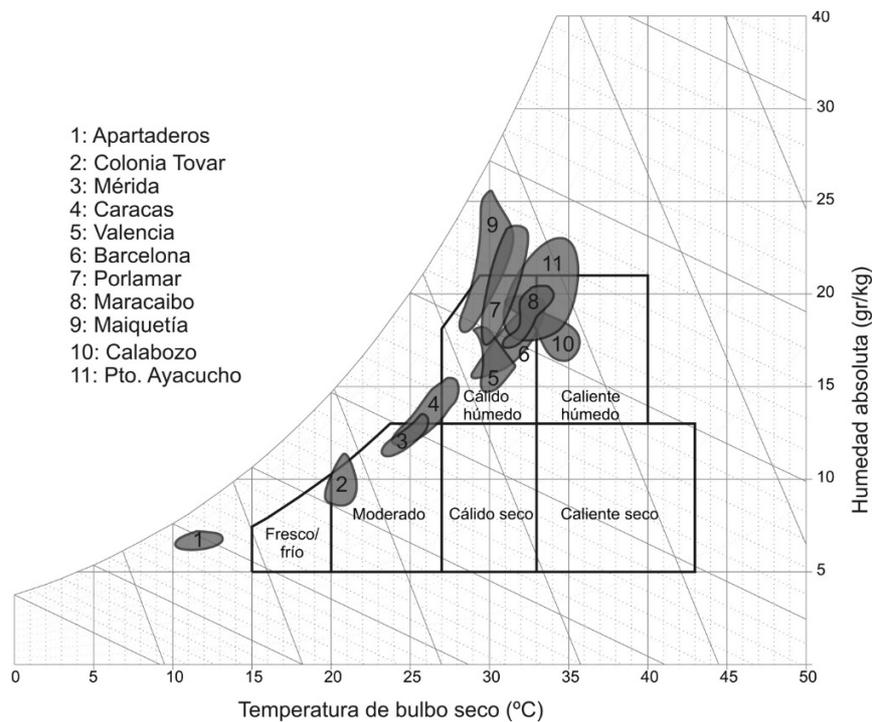


Figura 1. Zonas climáticas según Marsh (2003) y áreas en que se ubican las 12 temperaturas máximas medias mensuales de cada una de las 11 localidades indicadas

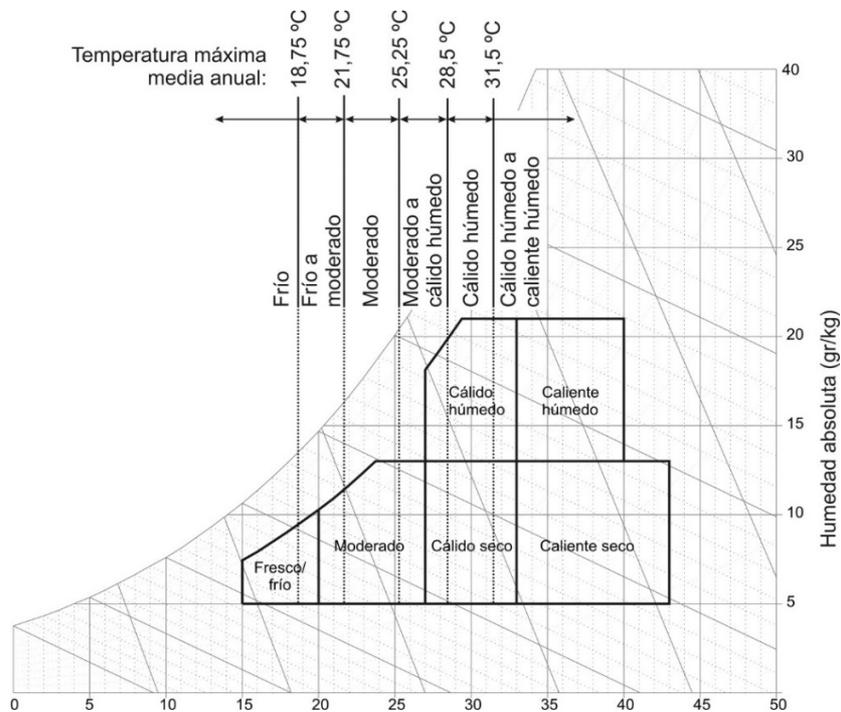


Figura 2. Criterio de clasificación de zonas climáticas para Venezuela basado en la propuesta de Marsh (2003) y considerando que la amplitud anual nunca sobrepasa los 5 °C

Buscando expresar el criterio de la Figura 2 en términos de altitud, se elaboró un modelo de regresión lineal entre ésta y la temperatura máxima media anual, usando los datos de 26 localidades del país (Figura 3). Finalmente, redondeando, las zonas climáticas quedan definidas como se muestra en la Tabla 3.

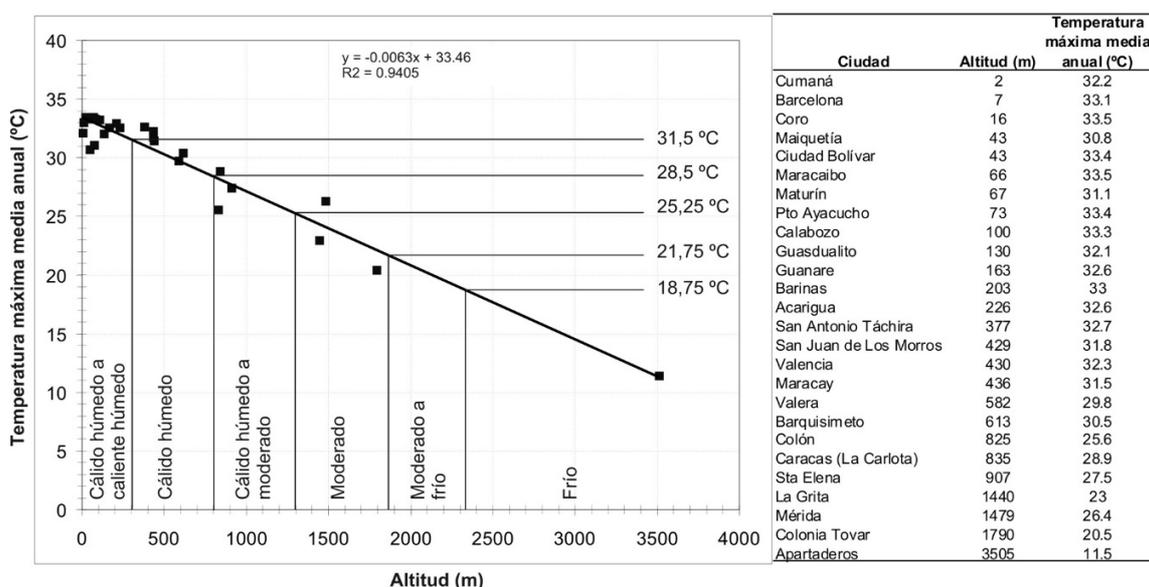


Figura 3. Modelo de regresión lineal entre la altitud y la temperatura máxima media anual

Tabla 3. Zonas climáticas para el diseño en Venezuela basadas en la sensación higrótérmica

Zona	Altitud (m)	Tipo de clima	Algunas localidades importantes
1	0 a 300	Cálido húmedo a caliente húmedo	Acarigua, Altigracia de Orituco, Anaco, Barcelona, Barinas, Cabimas, Calabozo, Carúpano, Ciudad Bolívar, Coro, Cumaná, El Tigre, El Vigía, Guanare, La Asunción, Maiquetía, Maracaibo, Maturín, Píritu, Porlamar, Puerto Ayacucho, Puerto Cabello, Puerto La Cruz, Puerto Ordaz, Punto Fijo, San Carlos, San Felipe, San Fernando, Tucacas, Tucupita
2	300 a 800	Cálido húmedo	Barquisimeto, Carora, El Tocuyo, Guarenas, Maracay, San Casimiro, San Juan de los Morros, Valencia, Valera
3	800 a 1300	Cálido húmedo a moderado	Caracas, Caripe, Los Teques, San Cristóbal, Santa Elena de Uairén, Trujillo
4	1300 a 1900	Moderado	Boconó, Mérida, La Grita, Colonia Tovar (parte baja), S. Antonio de los Altos
5	1900 a 2300	Moderado a frío	Timotes, Galipán, Santo Domingo, C. Tovar (parte alta)
6	> 2300	Frío	Apartaderos, Mucuchíes, Mucurubá

Estas zonas pudieran complementarse con subcriterios basados en otros elementos del clima, la vegetación o las particularidades regionales. Esto no se hará por mantener la sencillez de la clasificación y por considerar que tales subcriterios atañen un segundo nivel de argumentación, ligado a contextos más precisos. Recuérdese que, a diferencia de la temperatura, los elementos como el viento o la vegetación dependen mucho del microclima

y de factores locales como el entorno urbano y el relieve (vale sin embargo observar, respecto del viento, que, a escala nacional, la velocidad media es alta en las costas [ $\sim 5$  m/s], baja al sur del Orinoco [ $< 2$  m/s], moderada en el resto del país [ $\sim 3$  m/s] y su dirección predominante es noreste-este).

## REFERENCIAS

- Ajibola, K. (2001) *Design for comfort in Nigeria. A bioclimatic approach*, Renewable Energy, Volume 23, Issue 1: 57-76.
- Ajibola, K. (2001) *Design for comfort in Nigeria. A bioclimatic approach*, Renewable Energy, Volume 23, Issue 1: 57-76.
- Alvarez, F. (1983) *Atlas climatológico de Venezuela*. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- ASHRAE Standard 90.1 (2010) *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*.
- ASHRAE Standard 90.1 (2010) *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*.
- BCA (2009) *Building Code of Australia (BCA) for 2009*.
- Briggs R., Lucas R.G. y Taylor Z.T. (2002) *Climate Classification for Building Energy Codes and Standards*. ASHRAE Transactions 2002, 109, Pt 1. Disponible en web: [http://www.energycodes.gov/implement/pdfs/climate\\_paper\\_review\\_draft\\_rev.pdf](http://www.energycodes.gov/implement/pdfs/climate_paper_review_draft_rev.pdf).
- Curiel E. (1982) *La arquitectura en regiones de Venezuela*. Trabajo de ascenso. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Directiva 2002/91/CE (2002) del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Hobaica, M. E (1984) *Caracterisation des zones climatiques au Venezuela pour la conception thermique des bâtiments*. Travail de fin d'études. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris (Disponible en el CID de IDEC/FAU/UCV).
- Khedari J., Sangprajak A. y Hirunlabh J. (2002) *Thailand climatic zones*. Renewable Energy 25 (2) (2002), pp. 267–280.
- Lam J., Yang L. y Liu J. (2006) *Development of passive design zones in China using bioclimatic approach*. Energy Conversion and Management, Volume 47, Issue 6: 746-762.
- Lam J., Yang L. y Liu J. (2006) *Development of passive design zones in China using bioclimatic approach*. Energy Conversion and Management, Volume 47, Issue 6: 746-762.
- Marsh, A. (2003). *ECOTECH Tutorials*. Square One research Pty Ltd. [http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/ECOTECT\\_Tutorials](http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/ECOTECT_Tutorials).

Marsh, A. (2003). *ECOTECH Tutorials*. Square One research Pty Ltd.  
<[http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/ECOTECT\\_Tutorials](http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/ECOTECT_Tutorials)>.

Rakoto O., Garde F., David M., Adelard L. y Randriamanantany Z.A. (2009) *Development of climatic zones and passive solar design in Madagascar*. Journal: Energy Conversion and Management. Volume: 50 Issue: 4 (2009-04) Page: 1004-1010.

Roriz M., Ghisi E. y Lamberts R. (1999) *Bioclimatic zoning of Brazil: a proposal based on the Givoni and Mahoney Methods*. Proceedings of the PLEA '99 Conference, pp211–216. Disponible en web: <[http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/Plea99\\_RORIZ.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/Plea99_RORIZ.pdf)>.

Singh M.K., Mahapatra S. y Atreya S. K. (2007) *Development of Bio-climatic zones in North-East India*. Energy & Buildings. 2007:39(12),1250-1257.

Sosa M. E. y Siem G. (2004) *Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico*. Programa Agenda Ciudad. FONACIT/IDEC-FAU-UCV/EDC. Caracas. Disponible en web: <<http://www.scribd.com/doc/37727075/manual-de-diseno-para-edificaciones-energeticamente-eficientes-en-el-tropico>>

Sosa M.E., Hobaica M., Siem G., Rosales L., Hernández N., Rojas I., Reyes C. (2004) *Técnicas de Reducción del Gasto Energético en Edificaciones. Informe Final*. Programa Agenda Ciudad - FONACIT N° 98003396. IDEC/FAU/UCV; Departamento de Hidrometeorología FI/UCV; C.A. La Electricidad de Caracas. Informe disponible en el CID del IDEC/FAU/UCV.

Szokolay S. (1986) *Climate analysis based on the psychrometric chart*. Ambient Energy. 1986;7(4):169–82.