

ZONIFICACION BIOAMBIENTAL EN LATINOAMERICA PARA UNA ARQUITECTURA SUSTENTABLE

John Martin Evans

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires
Pabellón 3, piso 4, Ciudad Universitaria, C1428BFA, Buenos Aires, Argentina. evans@fadu.uba.ar

RESUMEN

El creciente interés por la búsqueda de ámbitos más sustentables en el mundo en desarrollo, tiene sus raíces en las preocupaciones ambientales, sociales y económicas. En este contexto, la zonificación bioambiental fue desarrollada para identificar medidas de diseño apropiado que permitan promover habitabilidad y confort según regiones climáticas a través de estrategias de acondicionamiento natural, según las características de las variables climatológicas. Frente al fuerte impacto de la globalización, con modelos urbanos, imágenes arquitectónicas e innovaciones tecnológicas que propician hábitats de mayor dependencia energética, se requiere desarrollar enfoques que respondan a la necesidad de identificar soluciones locales y apropiadas para contribuir a un hábitat construido más sustentable. El trabajo presenta ejemplos de estudios basados en mediciones de edificios existentes, identificación de condiciones climáticas críticas, especialmente en épocas cálidas, evaluación del impacto de variables de diseño, desarrollo de modelos sencillos de diagnóstico y optimización, y definición de requerimientos regionales en Latinoamérica y Argentina. Los resultados indican posibilidades de eliminar o reducir la dependencia en refrigeración mecánica según las condiciones climáticas exteriores, variables de diseño arquitectónico y actividades desarrolladas en edificios.

Palabras claves: Zonificación climática, diseño bioambiental, Latinoamérica, arquitectura sustentable, eficiencia energética.

INTRODUCCION

La zonificación bioclimática permite identificar áreas geográficas con condiciones climáticas similares, donde el diseño arquitectónico, mediante la aplicación de estrategias de acondicionamiento natural, puede promover el confort térmico, reducir la demanda de energía para calefacción o refrigeración y evitar o reducir impactos perjudiciales. Se presenta un panorama de los avances en estudios de zonificación bioambiental en Latinoamérica, aportando un análisis crítico de su desarrollo y aplicación. Se identifican distintos enfoques y criterios de zonificación a través del tiempo, y su aplicación en distintos países de la región. Los primeros estudios de zonificación se desarrollaron con el fin de identificar características adecuadas de diseño en vivienda de interés social, en base a técnicas de Olgyay. En estudios realizados en Argentina en 1965 también se analizaron las características de la vivienda vernácula y estudios de la construcción convencional en distintas regiones.

Varios intentos por detectar caracterizaciones regionales se relacionaron con zonas fitográficas o climáticas, tales como el sistema Thornthwaite o Koppen Gieger (Kendrew, 1961), a su vez relacionadas con las variables climáticas. Sin embargo, el crecimiento y distribución de ciertos tipos de vegetación depende en gran medida de la cantidad y distribución de precipitación, variable que ha sido considerada de menor importancia en el diseño bioclimático de edificios. La zonificación también fue utilizada para establecer las características térmicas de techos y paredes, necesarias para lograr mínimos niveles de confort, economía en el uso de combustibles y evitar condensación superficial. Este requerimiento demanda criterios específicos para establecer valores de transmitancia térmica máxima admisible, considerando dos datos fundamentales: los grados días anuales, proporcionales a la demanda anual de energía requerida para calefacción, y la temperatura mínima de diseño, criterio usado para el control de condensación estableciendo los espesores de capas aislantes, por ejemplo, un valor tal que solo en tres días por año la temperatura exterior llega a niveles menores. Los estudios de zonificación bioclimática están basados en la relación entre clima y confort, comparando las condiciones exteriores existentes con las condiciones deseables de diseño en el interior de edificios. La diferencia entre ambos indica los recursos bioclimáticos apropiados para lograr una modificación de la temperatura a través de recursos tales como aislamiento térmico, inercia térmica, ganancias solares o captación de brisas a través de la ventilación cruzada. También se detectan medidas para conservar confort o evitar impactos perjudiciales, utilizando protección solar y pantallas contra vientos fuertes. El desarrollo y distribución de la zonificación depende de los criterios adoptados, los que se relacionan con distintas variables climáticas, indicadas en la Tabla 1. Adicionalmente a una serie de criterios de acondicionamiento natural para invierno y verano, se agregan criterios relacionados con otros aspectos de sustentabilidad del hábitat construido.

EJEMPLOS DE ZONIFICACION

Las variaciones climáticas sobre la superficie de la Tierra responden a una serie de factores: latitud, altura sobre el nivel del mar, continentalidad o distancia a la costa, y el ‘efecto barrera’ causado por cadenas de montañas, como la Cordillera de los Andes. Así, en ciertos países, las variaciones obedecen al factor predominante, mientras en otros se puede detectar el impacto de varios o todos los factores mencionados. En los países de Centro América, por ejemplo, con limitada extensión en sentido norte-sur, las variaciones principales responden a la altura, con variaciones secundarias a ambos lados de las cadenas de montañas. En Uruguay, las variaciones climáticas más críticas se deben a la distancia o cercanía al mar, que claramente afecta la amplitud térmica. En Argentina, Brasil y Chile, países de gran extensión norte-sur, la variación por latitud reviste mayor importancia, aunque las variaciones por altura, continentalidad y efecto barrera también son importantes. Estos tres países tienen la mayor extensión y diferencia de latitudes en el mundo.

Tabla 1. Criterios, indicadores y datos meteorológicos para la zonificación bioambiental.

Criterio	Indicador	Datos meteorológicos
Criterio de verano		
Confort en verano.	Día de diseño, día cálido típico.	Temperatura superada en ‘n’ días por año, con valores de humedad relativa.
Uso de inercia térmica.	Amplitud térmica en verano.	Temperatura media mínima y máxima en meses con temperaturas cálidas.
Minimizar A/C	Simulación anual de energía para refrigeración.	Demanda anual con simulación, utilizando temperatura, humedad relativa y radiación solar horaria.
Protección solar en verano.	Ángulos de sol que requieren protección	Geometría solar en relación a latitud en meses con temperaturas confortables y cálidas.
Aprovechamiento de brisas.	Disponibilidad de movimiento de aire en meses cálidos.	Orientación de vientos predominantes en meses con temperaturas cálidas.
Uso de aislantes térmicos.	Factor de calor solar: ingreso de calor según aislantes y color.	Radiación, viento y temperaturas horarias en días con cielo claro.
Criterios de invierno		
Minimizar uso de combustible.	Grados días de calefacción.	Temperaturas medias mensuales o temperatura horaria en cada día de un año típico de diseño.
Confort y control de condensación.	Temperatura superficial interior.	Temperatura mínima de diseño en un día frío de invierno.
Aprovechamiento del sol en invierno.	Ángulos de sol que proporcionan radiación favorable.	Geometría solar en relación con latitud en meses con bajas temperaturas.
Uso de sistemas solares pasivos.	Radiación favorable en meses fríos.	Intensidad de radiación en días típicos de meses fríos.
Minimizar capacidad de calderas.	Potencia de instalaciones.	Temperaturas horarias mínimas en un día de diseño de invierno.
Otros criterios de sustentabilidad		
Control de erosión de suelos.	Régimen de lluvias.	Valores de diseño de precipitación máxima en 1 hora o en 24 horas.
Uso de agua de lluvia.	Demanda según clima y oferta según precipitación.	Precipitación típica en meses de escasas lluvias.
Calidad de aire interior.	Potencial de acondicionamiento natural.	Temperatura, humedad relativa y radiación solar horaria durante un año típico de diseño.
Iluminación natural.	Recurso de luz natural.	Latitud, días con cielo cubierto en invierno, o datos de iluminancia.
Uso de vegetación.	Régimen de lluvias en relación con temperatura.	Precipitación mensual según temperatura media mensual.

ZONIFICACION BIOAMBIENTAL EN ARGENTINA

La zonificación bioambiental, orientada al diseño de vivienda de interés social, fue formalmente establecida en la Norma IRAM 11.603 (1981). La misma fue ajustada en 1996 y nuevamente en 2001, sin cambios sustanciales de contenido. Las mejoras principales fueron la actualización y ampliación de la base de datos climatológicos, la ampliación de recomendaciones relacionadas con horas de asoleamiento y la introducción de un método para evaluar el efecto de altura sobre el nivel del mar en la zonificación. Sin embargo, anteriormente a la aprobación de dicha Norma, la Secretaría de Vivienda utilizaba una zonificación cuyos criterios demuestran fuerte influencia de las zonas fitogeográficas. Se realizaron además dos importantes estudios sobre la vivienda vernácula, en el Instituto de Investigación de la Vivienda de la Universidad de Buenos Aires, publicado por EUDEBA, y un estudio sobre la distribución regional de la construcción convencional. Posteriormente a la aprobación, varios grupos de

investigación realizaron estudios regionales o provinciales de zonificación, aunque los resultados no fueron incorporados en modificaciones y actualizaciones siguientes.

El criterio empleado en la zonificación establecida en la Norma IRAM 11.603 (1996) utiliza tres indicadores para delimitar las zonas y sub-zonas: 1. grados días, como indicador de la demanda para calefacción en invierno, 2. temperatura efectiva, como indicador de confort en verano y 3. amplitud térmica, como indicador de la necesidad de incorporar inercia térmica. El uso de grados días en invierno es un indicador clave de la duración y severidad del periodo de calefacción, aumentando de norte a sur y hacia las localidades con mayor altura en la Cordillera. En verano, se adopta la temperatura efectiva como la condición básica de confort en un día típicamente cálido, aumentando en el sentido inverso, hacia el norte y hacia la costa, a nivel del mar. Las líneas de distribución de ambos índices coinciden estableciéndose así 6 zonas. Esta coincidencia entre los índices de invierno y verano es válida para las ciudades principales del país y la región más densamente poblada de la Pampa Húmeda. Sin embargo, en zonas de mayor altura, superior a 800 m, no se mantiene la relación entre ambos índices, produciendo situaciones donde la aplicación de la zonificación si bien es correcta para invierno, resulta inadecuada para las condiciones de verano. La Norma presenta un gráfico que permite establecer la zona bioambiental de localidades en zonas cordilleranas, según la latitud y altura sobre el nivel del mar. Las Zonas 1, 2, 3 y 4 se dividieron en sub-zonas configurándose así 12 sub-zonas en total, basadas en la amplitud térmica en verano, con valores de amplitud superior o inferior a 12° C, con excepción de la Zona 4, donde la gran amplitud, típica de la zona más continental, alcanza 16°C con dos zonas adicionales. Finalmente, las regiones más frías, Zonas 5 y 6, están divididas en dos sectores sin establecer sub-zonas: la región de gran altura al norte de latitud 40°S, donde el recurso solar es importante, y al sur de la misma latitud donde el recurso solar es escaso, Tabla 2.

Tabla 2. Zonificación en la Republica Argentina (IRAM, 1996a y IRAM, 1996b)

Zona	Denominación	Recomendaciones	Techos	Muros
1 ^a	Muy cálido, $\Delta T > 14^\circ\text{C}$, TEC en verano $> 26,3^\circ\text{C}$	Colores claros, aislamiento en techos y paredes E y O, Fachadas al N y S, protección solar, ventilación cruzada.	0,72 W/m ² K (1)	1,80 W/m ² K (1)
1b	Muy cálido, $\Delta T < 14^\circ\text{C}$	Similar a 1a (menor amplitud y necesidad de incorporar inercia térmica).	0,72 W/m ² K (1)	1,80 W/m ² K (1)
2 ^a	Cálido, $\Delta T > 14^\circ\text{C}$, TEC en verano 24,6-16,3° C.	Colores claros, aislamiento en techos y paredes E y O, Fachadas al N y S, protección solar, ventilación cruzada, .	0,72 W/m ² K (1)	1,80 W/m ² K (1)
2b	Cálido, amplitud $< 14^\circ\text{C}$	Similar a 2 ^a , menor amplitud y necesidad de incorporar inercia térmica.	0,72 W/m ² K (1)	1,80 W/m ² K (1)
3 ^a	Templado, $\Delta T > 14^\circ\text{C}$, TEC verano 22,9-24,6°C	Viviendas agrupadas, inercia térmica, protección solar, colores claros, menor énfasis en ventilación cruzada	0,76 W/m ² K (1)	1,85 W/m ² K (1)
3b	Templado, amplitud $< 14^\circ\text{C}$.	Similar a 3a, sin necesidad de enfatizar la inercia térmica	0,76 W/m ² K (1)	1,85 W/m ² K (1)
4 ^a	Templado frío, de montaña	Protección de viento,	0,76 W/m ² K (1)	1,67 W/m ² K (1)
4b	Templado frío, de máxima radiación	Protección de viento, protección solar en verano,	0,76 W/m ² K (1)	1,67 W/m ² K (1)
4c	Templado frío, de transición	Protección de viento	0,76 W/m ² K (1)	1,67 W/m ² K (1)
4d	Templado frío, marítima	Protección de viento, protección solar en verano.	0,76 W/m ² K (1)	1,67 W/m ² K (1)
5	Frío, con sol, $< 40^\circ\text{S}$	Protección de viento,	1 W/m ² K (2)	1,67 W/m ² K
5	Frío sin sol, $> 40^\circ\text{S}$	Protección de viento	1 W/m ² K (2)	1,67 W/m ² K
6	Muy frío, $< 40^\circ\text{S}$	Protección de viento, similar a zona 5, mínima superficie expuesto al exterior, mayor inercia térmica, ganancia solar.	1 W/m ² K (2)	1,45 W/m ² K
6	Muy frío, $> 40^\circ\text{S}$	Similar a 6, con menor recurso solar	1 W/m ² K (2)	1,45 W/m ² K

(1) 10 % mayor transmitancia permitida con colores claros ($\alpha < 0,6$) y 10 % menor con colores oscuros ($\alpha > 80\%$)

(2) Los valores de transmitancia térmica de paredes en Zonas 5 y 6 pueden variar según la temperatura mínima de diseño.

De esta manera, la zonificación sirve para dos situaciones de aplicación: recomendaciones generales de diseño y requerimientos específicos de transmitancia térmica.

- Norma IRAM 11.603 (1996a): presenta recomendaciones de diseño para cada zona: forma edilicia, orientación, características térmicas de la envolvente, superficie de ventanas. Incluye recomendaciones de horas mínimas de asoleamiento en locales principales según latitud y fecha. Sin embargo, las exigencias son de carácter indicativo, no obligatorio.
- Norma IRAM 11.604 (1996b): establece valores de pérdidas volumétricas máximas admisibles para cada zona, en W/m³ K. Esta Norma, de aplicación obligatoria solamente en el caso de vivienda de interés social con financiación del Gobierno Central, asegura un nivel de aislamiento térmico relacionado con la demanda de combustible para calefacción, aunque los valores no aseguran un espesor óptimo de capas de material aislante, según criterios económicos.
- Norma IRAM 11.605: establece valores de transmitancia térmica máxima admisible, K (W/m²K), para paredes y techos. Los valores en las Zonas Bioambientales 1 a 4 son críticos en verano, considerando que las Zonas 5 y 6 no presentan problemas

térmicos en esta estación del año. Las exigencias de invierno dependen de la temperatura mínima de diseño, indicada en el Anexo 1 de la Norma IRAM 11.603, aunque este valor no se corresponde directamente con la Zonificación Bioambiental. Esta Norma establece tres niveles de calidad: A 'óptimo', B 'regular', y C 'mínimo'. Solamente el nivel C es obligatorio en vivienda de interés social, respondiendo al criterio de evitar condensación superficial en invierno.

Es importante reconocer que el conjunto de normas ha logrado grandes mejoras como resultado de estudios de habitabilidad en viviendas existentes, trabajos de investigación y series de debates en el Subcomité de Aislamiento Térmico de Edificios. Sin embargo, el nivel C de aislamiento no asegura economía en el uso racional de energía para el acondicionamiento térmico de edificios. Además, esta exigencia solo es aplicable a un sector minoritario, edificios residenciales con financiación oficial. No contempla elementos alternativos con mayor capacidad térmica requeridas para aplicar en zonas de gran amplitud térmica. Los valores de transmitancia máxima, las pérdidas máximas admisibles de techos aumentan en climas fríos, mientras disminuyen los valores correspondientes a muros. Esta diferencia en la norma responde al mayor impacto de sol sobre techos en verano.

ZONIFICACION EN CHILE

Chile es el segundo país en Latinoamérica que desarrolla una norma nacional de zonificación bioambiental, la NCh 1079 aprobado en 1982, la cual establece 7 zonas bioambientales, aplicando un criterio geográfico, con divisiones según la latitud y las principales regiones con asentamientos urbanos: la costa, el valle central y zonas del interior. La zonificación, Tabla 3, no contempla variaciones por altura, probablemente debido a la escasez de datos meteorológicos en localidades de mayor altura. A diferencia de otros países de Latinoamérica, la zonificación bioambiental chilena se utiliza para aplicar valores obligatorios de aislantes térmicos en techos de edificios de vivienda, según Ordenanza 47, Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 1992).

Tabla 3, Características térmicas de techumbres en Chile (MINVU, 1992).

Zona	Características	Transmitancia max, techos
1	Norte, marítimo	0,84 W / m ² K
2	Norte, interior	0,60
3	Centro, marítimo	0,47
4	Centro, Valle Central	0,38
5	Sur, marítimo	0,33
6	Sur,	0,25
7	Extremo sur, muy frío	0,25

ZONIFICAN EN BRASIL

La Norma de Zonificación Bioambiental de Brasil (ABNT, 1998), se encuentra en etapa de proyecto, habiéndose distribuido la última versión en 2003 (CBCC, 2003). El proyecto de Norma se basa en trabajos realizados en la Universidad de San Pablo y la Universidad Federal de Santa Catarina y propone 8 zonas con las características indicadas en Tabla 4, organizada según 4 rubros principales: tamaño de aberturas, protección solar, aislamiento de paredes y techos, y recomendaciones para invierno y verano. Estas recomendaciones están basadas en el uso de 11 posibles estrategias que surgen de la comparación de datos climáticos con una adaptación de la carta bioclimática de Givoni (1992). En total, se analizaron datos meteorológicos de 330 localidades para definir la distribución de las zonas, y la metodología fue desarrollada utilizando bases de datos y software de análisis.

Tabla 4. Síntesis de recomendaciones en la Zonificación Bioambiental de Brasil.

Zona	Aberturas	Sol	Muro, Tabla 5	Techo, Tabla 5.	Otras indicaciones para invierno (I) y verano (V)
1	Media	Captación	Liviano	Liviano aislado	I Ganancia solar, elementos pesados, calefacción
2	Media	Captación	Liviano	Liviano aislado	I Ganancia solar, inercia térmica, calefacción. V ventilación
3	Media	Captación	Liviano claro	Liviano aislado	I Ganancia solar, inercia térmica, calefacción. V ventilación
4	Media	Protección	Pesado	Liviano aislado	I: Ganancia solar. V: Evaporación y masa térmica
5	Media	Protección	Liviano claro	Liviano aislado	V: Ventilación cruzada, elementos interiores pesados
6	Media	Protección	Pesado	Liviano aislado	V: Evaporación y masa térmica, ventilación selectiva
7	Reducida	Protección	Pesado	Pesado	V: Evaporación y masa térmica, ventilación selectiva
8	Grandes	Protección	Liviano claro	Liviano, claro	V: Doble techo ventilado, ventilación cruzada

Como en los casos de Argentina y Chile, la zonificación fue desarrollada principalmente para aplicación en vivienda de interés social. Si bien la aplicación de la zonificación es un importante avance para mejorar la calidad de vida en vivienda de interés social en Brasil, la necesidad de reducir el uso de recursos energéticos en el acondicionamiento de edificios tiene una prioridad mayor, a fin de asegurar insumos para el sector industrial. Por eso, gran parte de los estudios e investigaciones actuales están dedicados a reducir la demanda de electricidad en edificios de gran consumo, tales como oficinas, centros comerciales, etc.

Tabla 5 Características térmicas de elementos exteriores de Brasil (ABNT, 2003)

Elementos exteriores	Transmitancia térmica	Atraso térmico en horas	Factor de calor solar %
Paredes livianas	< 3,00 W/m ² K	< 4,3	< 5,0 %
Paredes livianas color claro	< 3,60 W/m ² K	< 4,3	< 4,0 %
Paredes pesadas	< 2,20 W/m ² K	> 6,5	< 3,5 %
Techos livianos aislados	< 2,00 W/m ² K	< 3,3	< 6,5 %
Techos livianos color claro	< 2,30 W/m ² K	< 3,3	< 6,5 %
Techos pesados	< 2,00 W/m ² K	> 6,5	< 6,5 %

ZONIFICACION EN URUGUAY

La norma sobre zonificación en Uruguay es relativamente reciente y aplica los conceptos de la normativa argentina (IRAM, 1996a), Zonas 2b y 3b, aunque no define características térmicas de paredes y techos. Sin embargo, estudios realizados en el Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura (Aroztegui y Negrín, 1996), indican dos situaciones bioclimáticas diferenciadas: una zona templada hasta 10 km de la Costa Atlántica, con menor amplitud térmica y mínimas mas elevadas, y una zona más continental con requerimientos térmicos de mayor exigencia. La Tabla 6 indica transmitancias térmicas recomendadas, en general, mas exigentes que los valores equivalentes en Brasil y Argentina para condiciones similares.

Tabla 6. Valores recomendados de transmitancia térmica en Uruguay (Aroztegui y Negrin, 1996)

Masa, kg / m ²	0	100	200	300	400	500	600
Muros	0,75	1,2	1,5	1,6	1,65	1,70	1,75
Techos	0,50	0,80	1,10	1,25	1,35	1,35	1,35

ZONIFICACION EN MÉXICO

El país se caracteriza por grandes variaciones de temperatura, humedad y amplitud térmica debido a latitud, altura y distancia al mar. Un reciente estudio dio por resultado mapas de bioclima (Morillón, 2003) que indican la distribución de zonas según meses de calor, confort y frío. Por otro lado, el proyecto de Norma NOM-020-ENER (CONAE, 1999), en etapa de proyecto, propone características térmicas para edificios residenciales, mientras la Norma NOM-008-ENER (NOM, 2003) establece requisitos para la envolvente de edificios no residenciales. Ellos están basados en los conceptos flexibles de las normas de eficiencia energética de edificios desarrollados en California, orientados a lograr uso eficiente de energía en edificios residenciales y no residenciales. Ambas normas permiten dos alternativas de aplicación para lograr sencillez de implementación con valores predeterminados o mayor flexibilidad para compensar valores entre distintas componentes de la envolvente:

- Aislamiento térmico promedio especificado en tablas con condiciones simplificadas y límites de superficies vidriadas.
- Estimación del balance energético de la envolvente que debe arrojar un resultado menor al edificio de referencia.

ZONIFICACION EN AMERICA CENTRAL Y CARIBE

Los países de esta región tienen limitadas diferencias de latitud, sin variaciones significativas de temperatura, aunque varios muestran importantes diferencias climáticas por el efecto de altura. El desarrollo de normas nacionales de zonificación bioclimática se encuentra en etapas iniciales en los siguientes casos:

Cuba: La variación de latitud es muy limitada y la distancia máxima al mar es reducida, aunque las zonas cercanas a la costa tienen mejor exposición a las brisas. Si bien las zonas altas de la Sierra Maestra superan 1000 m, no hay normativas de zonificación o diferenciación de las exigencias de características térmicas.

Jamaica: La situación es muy similar a Cuba, sin normas de zonificación bioclimática, aunque cuenta con normas de uso racional de energía en edificios, orientadas a la reducción de importación de combustibles fósiles.

Costa Rica: Dado su terreno montañoso, hasta 3500 m, cuenta con zonas habitadas con condiciones frescas. Las zonas bajas de ambas costas, hasta 800 m ‘tierra caliente’, son cálidas y húmedas todo el año, con grandes precipitaciones entre mayo y noviembre. La zona de Guanacaste, en el sector norte de la costa del Pacífico, tiene mayor amplitud térmica y menor precipitación. La ‘tierra templada’, con condiciones de mayor confort, entre 800 y 1800 metros, tiene menor necesidad de ventilación cruzada y requerimientos de estanqueidad y aislamiento térmico en noches frescas. La ‘tierra fría’ requiere aún mayor aislamiento térmico. Si bien no hay normas formales, se pueden detectar variaciones regionales en la construcción convencional.

Nicaragua: Las condiciones son similares a Costa Rica, aunque las montañas son de menor altura y la distancia entre las costas este y oeste es mayor. La costa atlántica es más húmeda, con mayor precipitación, correspondiente al clima de selva tropical (Af) según la clasificación de Köppen (Kendrew, 1961), mientras la costa oeste del Pacífico corresponde a la sabana tropical (Aw) de mayor amplitud térmica y vegetación. Las zonas altas también se diferencian por sus características mas secas (Awh) al oeste y lluvias estacionales al este.

CONCLUSIONES

La comparación entre normas de zonificación bioambiental, las recomendaciones y los mecanismos de aplicación demuestra importantes diferencias entre países, aun en situaciones de similitud climática. Por ejemplo, en la triple frontera entre Brasil, Uruguay y Brasil, las transmitancias térmicas de techos son diferentes: Argentina 1,00 W/m²K, Brasil 2,00 W/m²K y Uruguay 0,5 (liviano) a 1,30 (pesado). En el sur de Chile, la transmitancia térmica obligatoria de techos es 0,25 W/m²K, mientras en Argentina, la transmitancia voluntaria es 1,00 W/m²K, produciendo pérdidas cuatro veces mayor. Los criterios de confort también son variados en su origen y aplicación, con variantes del Diagrama de Givoni (1992) y otras fuentes anteriores, sin contemplar normas recientes (ISO, 1995) o el 'adaptive comfort' propuesto por Nicol y Humphreys (2001). La creciente crisis de energía a nivel mundial y regional requiere normas regionales más exigentes de eficiencia energética y confort, no solo para vivienda sino también para edificios de gran consumo, tales como oficinas y centros comerciales, donde el ahorro potencial es muy significativo. Las normas mexicanas presentan un antecedente interesante y flexible para responder a este requerimiento.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado en el marco de Proyecto UBACyT A25, de la Universidad de Buenos Aires, reconociendo el valor del intercambio realizado y la colaboración de muchos colegas de la región: Mauricio Roriz y Roberto Lamberts, Brasil; Nina Hormazábal y Marcelo Huenchunir, Chile; Dania González, Cuba y David Morillón, México.

REFERENCIAS

- ABNT (1998), Desempenho térmico de edificações, Parte 1, 2, 3, 4 y 5 (Projeto) Associação Brasileira de Normas Técnicas, Comitê Brasileiro de Construção Civil, San Pablo, 1998.
- ABNT (2003), Desempenho térmico de edificações, Parte 3 Zonamento Bioclimático (Projeto) Associação Brasileira de Normas Técnicas, Comitê Brasileiro de Construção Civil, San Pablo.
- Aroztegui, J. M., y Negrin, G. (1996), Propiedades térmicas de materiales y componentes de construcción corrientes en Uruguay, Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura, Universidad de la República, Montevideo.
- CONAE (1999), Anteproyecto de NOM-020-ENER, Eficiencia energética en edificaciones, norma para la envolvente de edificios residenciales hasta tres niveles, México.
- Givoni, B. (1992), Comfort, climate analysis and building design guidelines, *Energy and Buildings*, V 18, July 1992, pp 11-23.
- IRAM, (1980 y 1996b) Norma IRAM 11.605, Acondicionamiento térmico de edificios: condiciones de habitabilidad en viviendas, valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.
- IRAM, (1981 y 1996a), Norma IRAM 11.603, Acondicionamiento térmico de edificios: Clasificación Bioambiental de la República Argentina, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.
- ISO EN 7730 (1994), Moderate thermal environments, determination of PMV and PPD indices and specifications of the conditions for thermal comfort, International Standards Organization, Geneva.
- Kendrew, W. G. (1961), *The climates of the continents*, Oxford University Press, Londres.
- Nicol, F. y Humphreys, M. (2001), Adaptive comfort and sustainable standards for Building, *Proceedings, Moving Comfort Standards into the 21st Century*, Oxford Centre for Sustainable development, Oxford.
- NOM (2001), Norma Oficial mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolventes de edificios no residenciales, NOM, México D.F.
- Pearce, E. A. & Smith, C. G. (1984), *The world weather guide*, Hutchinson, Londres.

ABSTRACT

In the evolving world, the growing interest in the search for a more sustainable built environment has arisen as a result of environmental, social and economic pressures. In this context, the bioclimatic zoning was developed to identify design measures to promote comfort in different climatic regions using strategies of natural conditioning, according to the climatic variables. In the face of globalisation impacts with strong visual images of attractive architectural and urban models and innovative technological responses promoting buildings highly dependant on energy consumption, approaches are required to respond to the need for local and appropriate solutions that contribute to a more sustainable habitat. This paper presents examples of studies, based on measurements in existing buildings, identification of critical climatic variables, especially in hot conditions, evaluation of the impact of design variables and development of simple diagnostic and optimization models, as well as the definition of regional requirements in Latin-America and Argentina. The results indicate the potential to eliminate or reduce the dependence on mechanical refrigeration according to external climatic conditions, architectural design variables and activities within buildings.

Key words: Climatic Zoning, bioclimatic design, Latin-America, sustainable architecture, energy efficiency.