



ESTUDIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN ALTO-ANDINA Y EL ANÁLISIS DE INDICADORES BIOCLIMÁTICOS DE APLICACIÓN POTENCIAL EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Poma, Jorge ^{1*}; Garay, Lillian ² y Romero, Karolina ³

Remisión inicial: 2019-06-16; **Remisión definitiva:** 2019-10-21; **Publicación:** 2019-12-21

Citación: Poma, J. *et al.* (2019). Estudio climático en la región alto-andina y el análisis de indicadores bioclimáticos de aplicación potencial en el diseño arquitectónico. En *XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city"*: UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, 2019, p. 8676. E-ISSN 2604-6512. DOI <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8676>

Resumen

La integración de los datos climáticos y energéticos relacionados directamente en la concepción del hábitat urbano solicita: (i) en primer lugar, el conocimiento ante todo del clima local, teniendo en cuenta de las modificaciones otorgadas por el medio edificado, de la escala de la aglomeración, de la presencia de las llamadas islas de calor urbano o los pozos de frescura presentes en el entorno inmediato; y (ii) en un segundo lugar de los índices de los parámetros arquitectónicos sobre de los aspectos cualitativos y cuantitativos a nivel de espacios internos, externos y de transición de los edificios.

El objetivo de la comunicación de este trabajo de investigación es de conocer la importancia de los estudios climáticos y su relación con los indicadores bioclimáticos a tener en cuenta en el proceso de diseño arquitectónico.

La metodología utilizada para esta investigación consiste en recabar datos climáticos en dos lugares propuestos en la región alto-andina, específicamente en la región Junín. Luego se procede a sistematizar y caracterizar el clima particular de las zonas de estudio. En un segundo tiempo se utilizan algunas herramientas de diagnóstico para el diseño bioclimático como son el ábaco psicométrico de Givoni, el diagrama de Olyay y finalmente las tablas de Mahoney.

Los datos utilizados son de fuentes oficiales obtenidas de las instituciones públicas como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el Ministerio del Ambiente, El Instituto Nacional de Estadística e Informática, etc. Así como datos tomados en el lugar, es decir mediciones realizadas directamente en el campo con el fin de contrastar y validar la data oficial. Siendo los lugares seleccionados aquellos que están ubicados muy cerca de las estaciones meteorológicas oficiales.

Los resultados preliminares obtenidos dan cuenta de la pertinencia de este enfoque que trata sobre el estudio sobre la integración climática del hábitat tradicional rural alto-andino. El cual nos ha permitido realizar una evaluación de las alternativas sugeridas en cada caso, lugares de estudio, alternativas que serían válidas para el contexto en región alto-andina.

Esta investigación permitirá a los futuros profesionales en arquitectura de tener en cuenta los criterios de sostenibilidad e integrarlos a sus propuestas tanto arquitectónicas como urbanas. De esta manera se cumpliría también el objetivo académico, de la mejora de la enseñanza aprendizaje de los criterios de concepción de la arquitectura bioclimática en el contexto peruano.

El campo de nuestra investigación está definido por el estudio de la integración climática concierne el hábitat tradicional rural alto-andino en la región Junín. Los lugares tomados para esta investigación son representativos y dan cuenta de la diversidad de microclimas del territorio peruano. Estas permitirían, en el contexto preciso de nuestra región alto-andina, de clarificar y de cuantificar la intensidad de la relación entre el clima y la arquitectura.

¹ Maestro en Ciencias, Arquitecto y docente Investigador. Universidad Continental, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes; ² Universidad Continental, carrera de arquitectura; ³ Universidad Continental, Egresada de la EAP Arquitectura. *Correo de contacto: jpomaq@continental.edu.pe



Uno de los objetivos de esta investigación es de brindar a los diseñadores, arquitectos y urbanistas, de una herramienta de diagnóstico y de posibles soluciones que podrían aplicarse como recomendaciones en nuestro contexto de región alto-andina. Permitiendo de esta manera las posibilidades de implementación de las nuevas técnicas y soluciones innovadoras usadas en la concepción de nuestro medio construido, así como la revalorización de técnicas ancestrales utilizadas en la arquitectura peruana.

En una segunda fase para esta investigación, a nivel más práctico, es de afrontar las posibilidades reales de replicación y/o transposición de técnicas tradicionales en la concepción actual del hábitat en región alto-andina, tomando en cuenta las variaciones culturales y socio-económicas que condicionarían la validez de esas posibles replicaciones en el territorio.

Abstract

The integration of the related climatic and energy data directly in the conception of the urban habitat requires: (i) in first place, the knowledge first of all of the local climate, taking into account the modifications granted by the built environment, of the scale of the agglomeration, of the presence of the so-called islands of urban heat or the wells of freshness present in the immediate surroundings; and (ii) in a second place of the indices of the architectural parameters on the qualitative and quantitative aspects at the level of internal, external and transitional spaces of the buildings.

The objective of the communication of this research work is to know the importance of climate studies and their relationship with bioclimatic indicators to be taken into account in the architectural design process.

The methodology used for this research consists of collecting climatic data in two places proposed in the High-Andean region, specifically in the Junín region. Then is proceed to systematize and characterize the particular climate of the study areas. In a second time some diagnostic tools are used for bioclimatic design such as Givoni psychometric abacus, Olyay diagram and finally Mahoney tables.

The data used is from official sources obtained from public institutions such as the National Meteorology and Hydrology Service of Peru (SENAMHI), the Ministry of Environment, The National Institute of Statistics and Informatics, etc. As well as data taken at the site, that is, measurements made directly in the field in order to contrast and validate the official data. The selected locations are those that are located very close to the official weather stations.

The preliminary results obtained show the relevance of this approach that deals with the study on the climatic integration of the traditional High-Andean rural habitat. Which has allowed us to make an evaluation of the alternatives suggested in each case, places of study, alternatives that would be valid for the context in the high-Andean region.

This research will allow future professionals in architecture to take into account sustainability criteria and integrate them into their architectural and urban proposals. In this way, the academic objective of improving teaching learning of the criteria of conception of bioclimatic architecture in a Peruvian context.

The field of our research is defined by the study of climate integration concerns the traditional High-Andean rural habitat in the Junín region. The places taken for this research are representative and account for the diversity of microclimates in the Peruvian territory. These would allow, in the precise context of our High-Andean region, to clarify and quantify the intensity of the relationship between climate and architecture.

One of the objectives of this research is to provide designers, architects and urban planners with a diagnostic tool and possible solutions that could be applied as recommendations in our context of the High-Andean region. Allowing in this way the possibilities of implementation of the new techniques and innovative solutions used in the conception of our built environment, as well as the revaluation of ancestral techniques used in Peruvian architecture.

In a second phase for this investigation, at a more practical level, it is to face the real possibilities of replication and / or transposition of traditional techniques in the current conception of the habitat in the High-Andean region, taking into account cultural and socio-economic variations that would condition the validity of these possible replications in the territory.

Palabras Clave: Diseño bioclimático; arquitectura sostenible; arquitectura y clima

Key words: Bioclimatic design; sustainable architecture; architecture and climate



1. Introducción

En la región Junín como en el resto del Perú, hoy se edifica comúnmente con la albañilería y concreto armado, sistemas constructivos ampliamente difundidos y bastante aceptados por la población urbana. *El impacto de los proyectos de las décadas de los 70s y 80s referentes de la arquitectura moderna peruana fue tan grande que la población prefiere y edifica sus viviendas con dichos materiales en todo el Perú sin importar las condiciones climática propias de un territorio determinado.*

En Junín el tema de las edificaciones sostenibles, arquitectura bioclimática, está escasamente desarrollada. En general en el Perú en las últimas décadas recién se comenzó a tratar sobre el tema, y es el año 2014 que recientemente se introdujo la norma técnica EM.110 la cual trata sobre el confort térmico y lumínico con eficiencia energética. Otro problema que enfrenta el país es la presencia de eventos climáticos extremos como por ejemplo el fenómeno del Niño y la Niña, este último llamado también “friaje” el cual consiste en el descenso drástico de las temperaturas mínimas, la cual afecta a cerca de dos millones de peruanos que viven en zonas rurales alto-andinas de más de 3000 metros de altitud, con viviendas ineficientes, mal edificadas sin asesoramiento técnico profesional, lo que se traduce en decesos de habitantes cuando las condiciones son extremas, así como de las pérdidas de sus ganados y de sus cosechas.

En dicho contexto corresponde a las universidades peruanas y a las instituciones gubernamentales dar a conocer la importancia de los estudios climáticos y su relación con los indicadores bioclimáticos a tener en cuenta en el proceso de diseño arquitectónico. Por ello, la realización del presente trabajo constituye un aporte fundamental, para el mejoramiento de las propuestas arquitectónicas en el Valle del Mantaro, enfocándose en lo que concierne al adecuado confort térmico de sus edificaciones, considerándose en una herramienta práctica para los profesionales y futuros arquitectos.

1.1 Problemática

La falta de conocimiento de los estudios climáticos y de los criterios de diseño bioclimático en el país, y en especial a la región Junín, genera en la edificación de las viviendas espacios con ambientes interiores mal acondicionados térmicamente. La presencia de esta problemática genera sin duda algunas molestias en los usuarios, llegando incluso a generar problemas de salud sobre todo los algunos meses donde la oscilación térmica entre el día y la noche es mayor.

Con este trabajo se pretende responder a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo y cuáles son las características generales del clima en el valle del Mantaro?
- ¿Cuáles son los factores que se deben tener en cuenta para lograr el confort térmico?
- ¿Qué técnicas de diseño bioclimáticas se pueden aplicar en este territorio?

1.2 Objetivo de la Investigación

El objetivo general de este trabajo de investigación es conocer la importancia de los estudios climáticos y su relación con los indicadores bioclimáticos a tener en cuenta en el proceso de diseño arquitectónico para la región alto-andina.

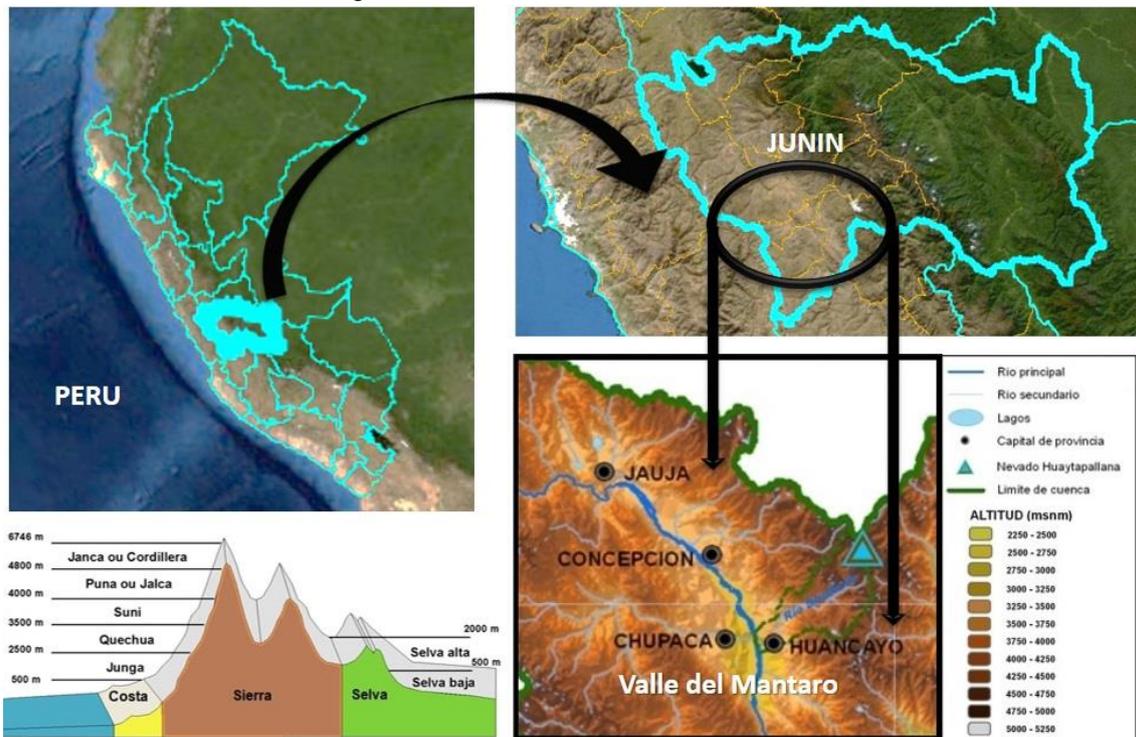
1.2.1 Objetivos específicos

- Determinar cuáles son las características generales del clima en el valle del Mantaro.
- Validar las principales metodologías bioclimáticas aplicadas a la arquitectura y urbanismo en el contexto de estudio.
- Determinar qué factores y criterios bioclimáticos son fundamentales y aplicables a este territorio.

2. El valle del Mantaro

El caso de estudio para este trabajo de investigación es el valle del Mantaro, él cual es un valle inter-andino ubicado a 304 kilómetros al este de la ciudad de Lima y a una altitud promedio de 3240 msnm. En este valle se encuentran emplazadas las ciudades de Huancayo, Chupaca, Concepción y Jauja. Ver Figura 1.

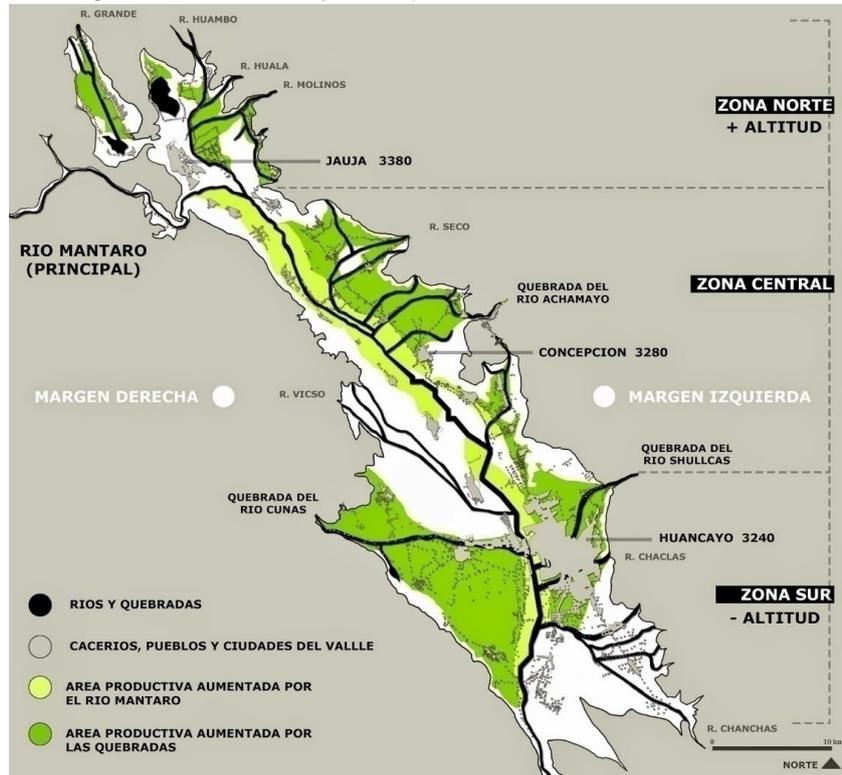
Figura 1. El Valle del Mantaro, Junín - Perú



Fuente: INEI, archivo shape de las regiones del Perú; Pulgar, J. 1938. Las ocho regiones naturales del Perú. [Elaboración propia]

El área urbana lo conforman las ciudades de Huancayo, Chupaca, Concepción y Jauja, el área rural comprende los pueblos y caseríos del valle que se encuentran emplazados a lo largo de los márgenes izquierdo y derecho del río Mantaro, el área productiva lo conforman las áreas agrícolas con riego del río del Mantaro y las áreas agrícolas con regadío de los diferentes afluentes del valle del Mantaro, como se aprecia en la Figura 2.

Figura 2. Área urbana y áreas productivas del valle del Mantaro



Fuente: Burga, J. et al. 2010. *Tradición y modernidad en la arquitectura del Mantaro*.

3. El clima en el Perú y en el Valle del Mantaro - Junín

3.1 El Clima del Perú

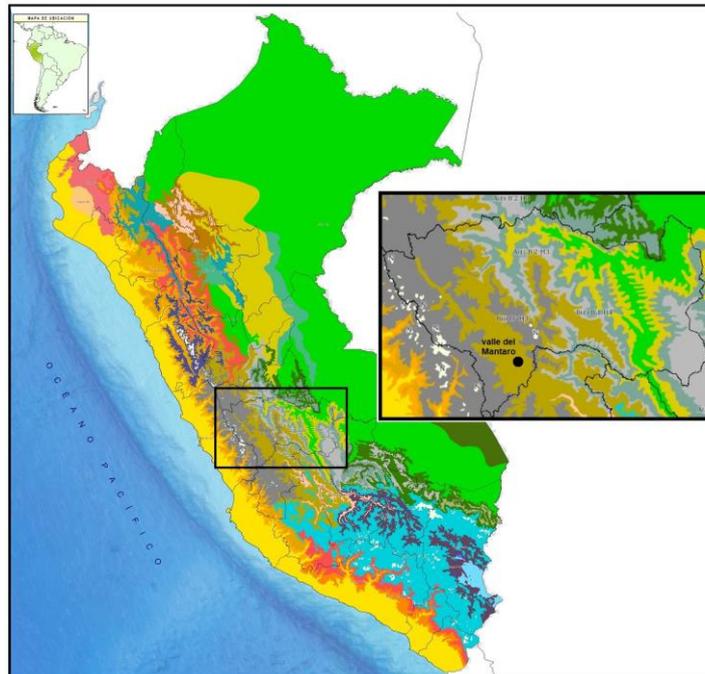
En el Perú debido a su configuración accidentada sobre su territorio existe también una gran variedad de climas en su territorio. Esto se debe a la presencia de la cadena montañosa de los Andes, otro factor es la latitud del país que es muy próxima a la línea ecuatorial por el norte y llegando a la latitud 18°S, además de la presencia de la Corriente Peruana que tiene por característica de ser fría, y finalmente a la presencia de la cuenca del Amazonas que representa aproximadamente el 50% del territorio peruano.

3.2 El Clima del Valle del Mantaro

El clima del valle del Mantaro, según la Figura 3 que muestra el mapa climático del Perú, es lluvioso frío. “Este se caracteriza por precipitaciones anuales promedio de 700 mm. y su temperatura media anual es de 12°C, presenta veranos lluviosos e inviernos secos con presencia de heladas”, (SENAMHI, 2019).

El río Mantaro tiene sus orígenes en las cumbres de los Andes central que da origen a la cuenca del mismo nombre. “La cuenca del Mantaro, se caracteriza por presentar una compleja topografía que favorece la presencia de una gama de condiciones climáticas contrastables entre ellas”, (SENAMHI, 2011). La clasificación climática peruana se basa en la propuesta metodológica de Thornthwaite.

Figura 3. Clima del Perú y del valle del Mantaro

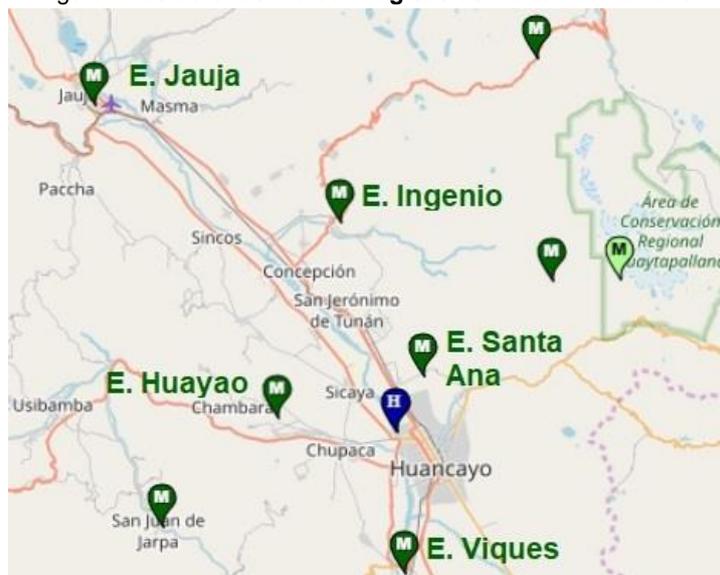


Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru> [elaboración propia]

4. Datos climáticos del Valle del Mantaro - Junín

Para este trabajo de investigación, se utilizan los siguientes parámetros de temperatura, humedad relativa, precipitaciones y los vientos principalmente. Los datos oficiales utilizados son tres de las cinco estaciones meteorológicas que se encuentran en el valle del Mantaro. Las estaciones meteorológicas seleccionadas son la de Jauja, Huayao y Santa Ana pertenecientes a las provincias de Jauja, Chupaca y Huancayo respectivamente. Ver Figura 4.

Figura 4. Estaciones meteorológicas del valle del Mantaro.



Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones> [elaboración propia]



4.1 *El Confort térmico y los Parámetros Climáticos*

Confort térmico, es el estado donde una persona no siente ni frío ni calor. Entonces para el arquitecto es fundamental brindar al usuario las condiciones de confort de adecuado para que este pueda desarrollar sus actividades. La evaluación del confort térmico se define como el estudio de los intercambios térmicos que se producen entre los cuerpos y su medio ambiente. Varios autores consideran que para brindar el adecuado confort térmico se deben tener en cuenta los siguientes parámetros: el metabolismo, la ropa, la temperatura del aire, la temperatura media de las paredes, la humedad relativa, y la velocidad del viento.

Dentro de los parámetros climáticos que serán tomados en cuenta en las diferentes herramientas de concepción bioclimática son la temperatura, la humedad relativa, las precipitaciones pluviales y los vientos.

- *Temperatura*, es una magnitud física que nos da como resultado la medida de la energía cinética promedio de los átomos y moléculas de una sustancia. Para el análisis con las diferentes herramientas de concepción bioclimática se tomará las temperaturas máximas, mínimas y medias. Para el caso de las Tablas de Mahoney estas permiten determinar los límites de confort y conocer el rigor térmico diurno y nocturno.
- *Humedad Relativa*, es la relación que existe entre la cantidad de agua que tiene la masa de aire de un determinado lugar y la máxima cantidad de agua que podría tener. Para el análisis se toma en cuenta las humedades relativas máximas, mínimas y la media. Esta última es aplicada en todas las herramientas de concepción bioclimáticas estudiadas.
- *Precipitación pluvial*, es la cantidad de lluvia que cae sobre un territorio, esta se mide en mm. Para el análisis con las tablas de Mahoney es fundamental ya que esta nos daría como resultado si es necesario o no la protección contra la lluvia.
- *Viento*, es el movimiento de aire que se produce por diferencia de presión y temperatura. Para el análisis de Olgyay es fundamental ya que este permite saber si el viento es requerido o no, ello permite incorporar mecanismos para favorecer la refrigeración de ambientes o su protección evitando así la pérdida de calor por convección.

4.2 *Herramientas de concepción bioclimática*

Abaco Psicométrico, Es uno de las gráficas más utilizadas para la evaluación del confort térmico. Esta gráfica propuesta por Givoni por primera vez en 1969 nos muestra la relación entre la temperatura del aire y la humedad. En esta grafica el autor propone una zona de confort para el ser humano y también propone zonas con condiciones soportables, las cuales conducen evidentemente a recomendaciones de diseño a tener en cuenta, su propuesta mejorada data de 1981.

Carta Bioclimática, este es el método propuesto por los hermanos Olgyay, quienes fueron pioneros en profundizar la noción de confort térmico incorporando otros parámetros que la temperatura y la humedad, así como por ejemplo la velocidad del viento en sus análisis.

Tablas de Mahoney, es un método que permite realizar un análisis térmico y que propone estrategias de diseño bioclimático. Esta herramienta es la propuesta realizada por Carl Mahoney y John Evans en 1971. Este método se basa en comparar los diferentes datos climáticos de un lugar determinado con los límites de confort diurno y nocturno. Al término del proceso se obtiene una serie de recomendaciones o estrategias de diseño para un lugar determinado.

5. Resultados

5.1 Parámetros Climáticos

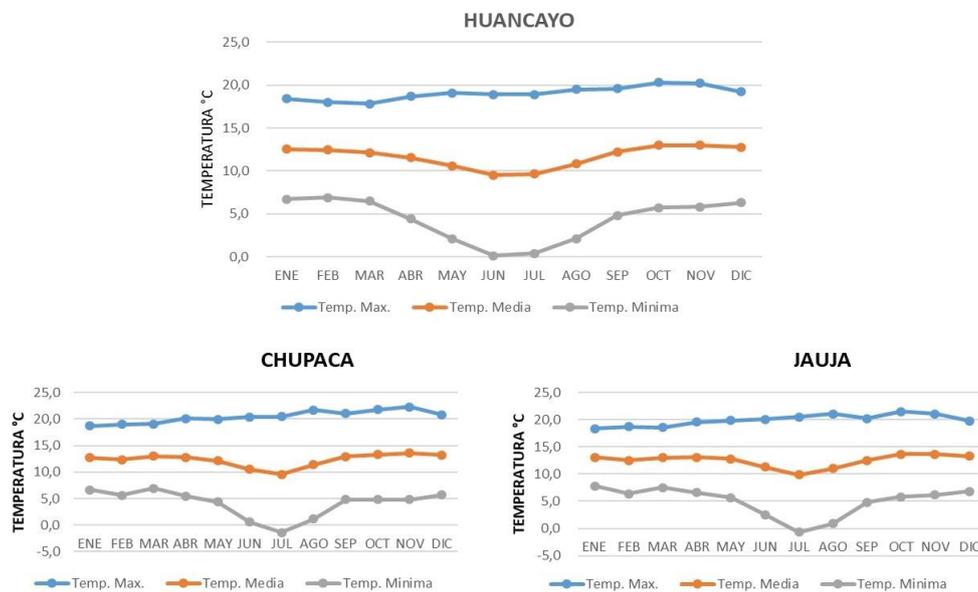
Temperatura, la Tabla 1 así como la Figura 5 muestran los promedios mensuales de las temperaturas máximas, mínimas y medias de las ciudades de Huancayo, Chupaca y Jauja. La característica general de estas tres ciudades respecto a la temperatura es que estas presentan una gran oscilación térmica en los meses de invierno llegando a tener hasta 21.9 °C.

Tabla 1. **Temperaturas máximas, mínimas y medias, de las ciudades de Huancayo, Chupaca y Jauja**

HUANCAYO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp. Máxima	18,4	18,0	17,8	18,7	19,1	18,9	18,9	19,5	19,6	20,3	20,2	19,2
Temp. Media	12,55	12,45	12,15	11,55	10,6	9,5	9,65	10,8	12,2	13	13	12,75
Temp. Mínima	6,7	6,9	6,5	4,4	2,1	0,1	0,4	2,1	4,8	5,7	5,8	6,3
Oscilación	11,7	11,1	11,3	14,3	17,0	18,8	18,5	17,4	14,8	14,6	14,4	12,9
CHUPACA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp. Máxima	18,7	19,0	19,1	20,1	19,9	20,4	20,5	21,7	21,0	21,8	22,3	20,8
Temp. Media	12,7	12,3	13,0	12,8	12,2	10,5	9,6	11,4	12,9	13,3	13,6	13,3
Temp. Mínima	6,7	5,7	7,0	5,5	4,4	0,6	-1,4	1,1	4,9	4,8	4,9	5,7
Oscilación	12,0	13,3	12,1	14,6	15,5	19,8	21,9	20,6	16,2	16,9	17,5	15,1
JAUJA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp. Máxima	18,4	18,7	18,6	19,6	19,9	20,1	20,5	21,1	20,2	21,5	21,1	19,8
Temp. Media	13,1	12,5	13,05	13,1	12,8	11,3	9,9	11	12,5	13,6	13,6	13,3
Temp. Mínima	7,8	6,4	7,5	6,6	5,7	2,5	-0,7	0,9	4,8	5,8	6,2	6,8
Oscilación	10,6	12,3	11,1	13,0	14,2	17,6	21,2	20,2	15,4	15,7	14,9	13,0

Fuente: Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones> [elaboración propia]

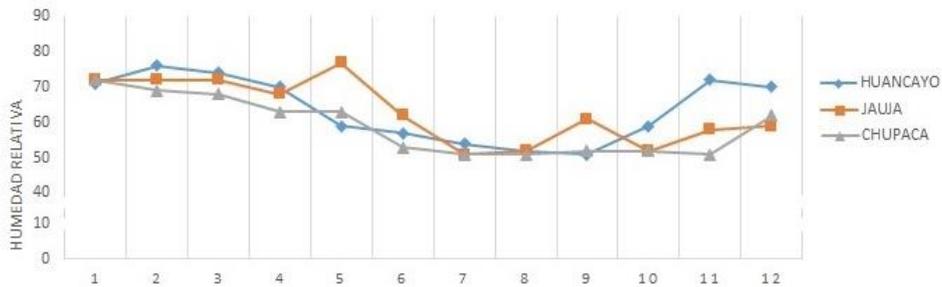
Figura 5. **Temperaturas máximas, mínimas y medias, de las ciudades de Huancayo, Chupaca y Jauja**



Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones> [elaboración propia]

Humedad Relativa, la Figura 6 muestra los promedios mensuales de las humedades relativas medias para las ciudades de Huancayo, Chupaca y Jauja. En este parámetro se observa una distribución semejante en las tres ciudades.

Figura 6. Humedades Relativas, de las ciudades de Huancayo, Chupaca y Jauja

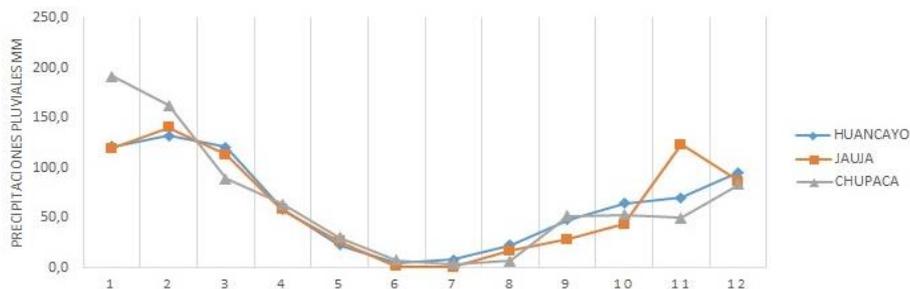


Humedad Relativa	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
HUANCAYO	71	76	74	70	59	57	54	52	51	59	72	70
JAUJA	72	72	72	68	77	62	51	52	61	52	58	59
CHUPACA	72	69	68	63	63	53	51	51	52	52	51	62

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones> [elaboración propia]

Precipitación Pluvial, la Figura 7 muestra los promedios mensuales de las humedades relativas medias para las ciudades de Huancayo, Chupaca y Jauja. En este parámetro se observa una distribución semejante en las tres ciudades.

Figura 7. Precipitaciones Pluviales, de las ciudades de Huancayo, Chupaca y Jauja



Precipitaciones	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
HUANCAYO	121,3	132,0	120,6	58,9	22,7	4,9	7,7	22,6	47,9	64,4	69,8	95,1
JAUJA	119,2	140,1	113,1	57,8	26,0	0,9	0,5	16,7	28,1	43,6	123,4	86,5
CHUPACA	191,4	162,2	89,0	63,5	29,9	7,3	3,8	6,9	51,9	53,1	49,5	83,3

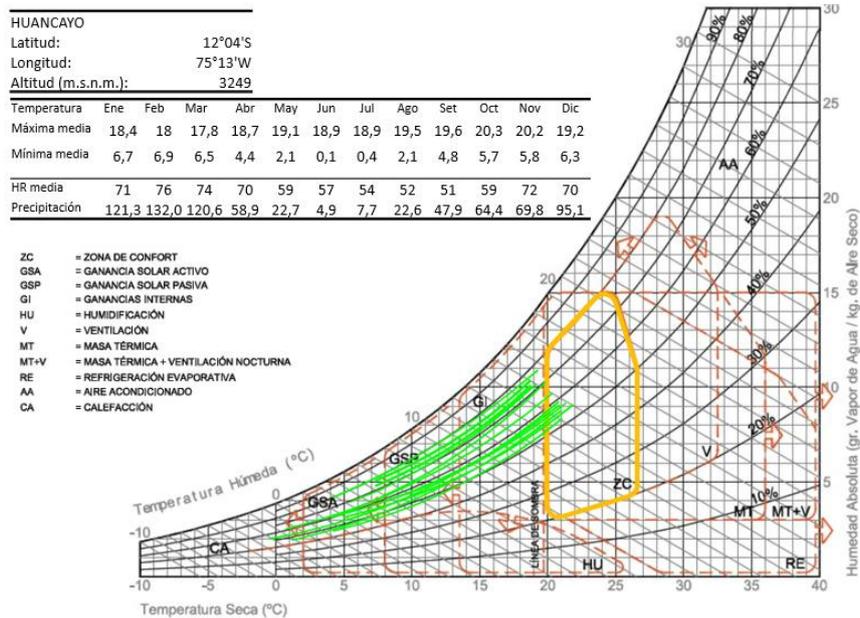
Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones> [elaboración propia]

5.2 Herramientas de concepción bioclimática

5.2.1 Abaco Psicométrico de Givoni

La Figura 8, el Abaco Psicométrico de Givoni nos muestra que las líneas que representan los promedios mensuales, de las temperaturas y de las humedades relativas medias para la ciudad de Huancayo, están al lado izquierdo de la zona de confort lo que significa que para lograr el confort es necesario utilizar en un primer momento la estrategias de ganancia de internas (GI), es decir tener fuentes de calor como personas, iluminación, estufa, etc., la segunda estrategia es utilizar la ganancia solar pasivo (GSP) lo que significa fundamentalmente la buena orientación y la captación de energía solar por medio de la materialidad de las edificaciones, y finalmente utilizar la estrategia de ganancia solar activa (GSA) lo que significa utilizar por ejemplo el uso de energía solar térmica, la cual permitirá la calefacción y la obtención de agua caliente sanitaria.

Figura 8. Abaco Psicométrico para la ciudad de Huancayo, Valle del Mantaro

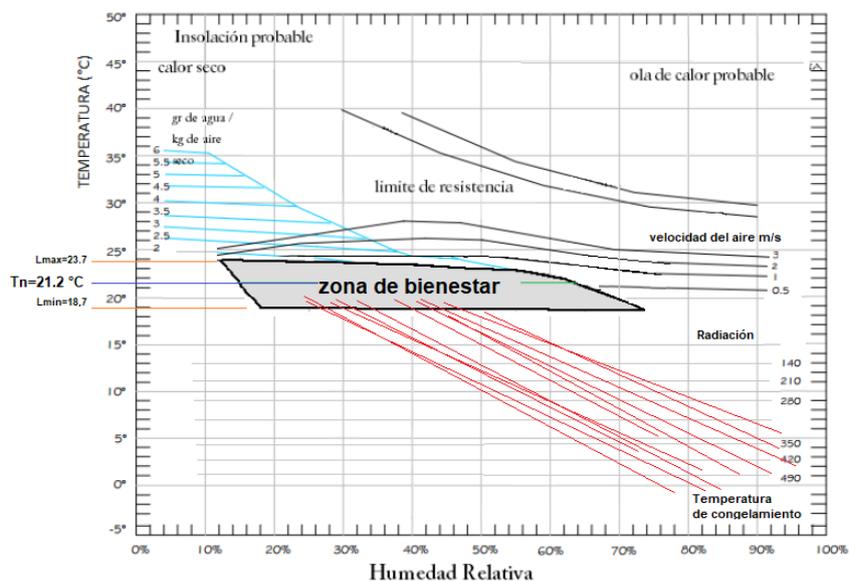


Fuente: Datos Senamhi [elaboración propia]

5.2.2 Carta Bioclimática de Olgay

De igual manera se procedió a graficar los datos de temperatura y humedad relativa para el valle del Mantaro. En la Figura 9 se puede observar que la zona de bienestar está determinada por las temperaturas que van desde los 18,7 °C a los 23,7 °C y entre las humedades relativas de 20 a 70%, (para obtener los límites de confort se utilizó la fórmula propuesta por Szokolay, $T_n = 0,31 \times T_{media\ anual} + 17,6\ ^\circ C$; donde: $T_n =$ Temperatura neutra = 21,2°C; siendo el Límite superior = $T_n + 2,5 = 23,7\ ^\circ C$; y el Límite inferior = $T_n - 2,5 = 18,7\ ^\circ C$).

Figura 9. Carta Bioclimática de Olgay para la ciudad de Huancayo, Valle del Mantaro



Fuente: Datos Senamhi [elaboración propia]



En la carta bioclimática de Olgay se observa que las líneas que representan cada mes del año se encuentran por debajo de la zona de bienestar, requiriéndose entonces por las noches el aumento de temperatura por ganancias internas y uso de estrategias de calentamiento solar pasivo y activo. La Zona de bienestar se basa en unas condiciones muy concretas, para una persona con actividad ligera (1 met, metabolismo), vestida con traje típico (1 clo, Clothing: grado de arropamiento), sin viento y a la sombra.

5.2.3 Tablas de Mahoney

Las tablas de Mahoney es un método de diseño bioclimático propuesto por Carl Mahoney y John Evans en 1971. Este método se basa en comparar los diferentes datos climáticos de un lugar determinado con los límites de confort diurno y nocturno. En un primer momento se debe hallar los seis indicadores de Mahoney, los cuales están basados en indicadores de humedad y sequedad. Al término del proceso, con uso de estos seis indicadores, se obtiene una serie de recomendaciones o estrategias de diseño para el lugar estudiado.

Para nuestro caso de estudio se aplicó este instrumento en primer lugar a la ciudad de Huancayo. Luego se aplica el instrumento a las ciudades de Chupaca y Jauja, para comparar los resultados obtenidos. En la Tabla 2, se muestra la tabla de datos climáticos. En dicha tabla se calcula la Temperatura Media Anual (TMA) que para la ciudad de Huancayo es 11,7 °C, en esta tabla también es posible calcular la oscilación media mensual, así como la precipitación anual promedio que para nuestro caso es de 767,9 mm.

Tabla 2. Mahoney. Datos Climáticos de la ciudad de Huancayo

CIUDAD	HUANCAYO													
Latitud	12°04'S													
Longitud	75°13'W													
Altitud	3249 msnm													
Parámetros	U	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	AÑO
Temperaturas														
Máxima	°C	18,4	18,0	17,8	18,7	19,1	18,9	18,9	19,5	19,6	20,3	20,2	19,2	
Media	°C	12,55	12,45	12,15	11,55	10,6	9,5	9,65	10,8	12,2	13	13	12,75	11,7
Mínima	°C	6,7	6,9	6,5	4,4	2,1	0,1	0,4	2,1	4,8	5,7	5,8	6,3	
Oscilación	°C	11,7	11,1	11,3	14,3	17,0	18,8	18,5	17,4	14,8	14,6	14,4	12,9	
Humedad														
H.R. máxima	%	95	98	99	100	93	87	83	78	78	85	97	96	
H.R. media	%	71	76	74	70	59	57	54	52	51	59	72	70	
H.R. mínima	%	48	53	50	41	26	28	26	26	23	34	47	44	
Precipitación														
Media (Total)	mm	121,3	132,0	120,6	58,9	22,7	4,9	7,7	22,6	47,9	64,4	69,8	95,1	767,9

Fuente: Fuentes, V. (2002). [Elaboración propia]

En la Tabla 3, se muestra la tabla de análisis e indicadores de diagnóstico propuestos por Mahoney. En él se debe determinar en un primer paso el grupo de humedad para cada mes, para nuestro estudio de caso corresponde a los grupos de humedad 3 y 4. El siguiente paso es determinar los límites de confort y el requerimiento térmico diurno y nocturno, aquí se observa que en el día en la ciudad de Huancayo se alcanza el confort en 8 meses y en la noche el rigor térmico es siempre frío. Finalmente se hallan los indicadores de Mahoney que para nuestro caso son: 0-3-0-8-0-4; 0-1-2-11-0-1; 0-4-0-8-0-0 para las ciudades de Huancayo Chupaca y Jauja respectivamente.

Tabla 3. Mahoney. Análisis e indicadores de diagnóstico para la ciudad de Huancayo

Análisis de Mahoney	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
Grupo de Humedad	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	Tabla 1	
Estrés Térmico														
Confort diurno														
Rango superior	°C	24	24	24	26	26	26	26	26	26	24	26	Tabla 2	
Rango inferior	°C	18	18	18	19	19	19	19	19	19	18	19		
Confort nocturno														
Rango superior	°C	18	18	18	19	19	19	19	19	19	18	19		
Rango inferior	°C	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		
Requerimiento Térmico														
Diurno		0	0	F	F	0	F	F	0	0	0	0		
Nocturno		F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		
Indicadores														
Ventilación esencial	H1												0	
Ventilación deseable	H2	1	1									1	3	
Protección contra lluvia	H3												0	
Inercia Térmica	A1				1	1	1	1	1	1	1	1	8	
Espacios exteriores nocturnos	A2												0	
Protección contra el frío	A3			1	1			1	1					4

Fuente: Fuentes, V. (2002). [elaboración propia]

Tabla 4. Mahoney. Recomendaciones de Diseño para la ciudad de Huancayo, Chupaca y Jauja.

	1 (H1)	2 (H2)	3 (H3)	4 (A1)	5 (A2)	6 (A3)	INDICADORES DE MAHONEY				
Huancayo	0	3	0	8	0	4	Comparación				
Chupaca	0	1	2	11	0	1	Resultados				
Jauja	0	4	0	8	0	0	Hyo.	Chup.	Jau.	no.	Recomendación
Distribución				0-10			X	X	X	1	Orientación Norte-Sur (eje largo E-O)
				11-12		5-12				2	Concepto de patio compacto
Espaciamiento	11-12									3	Configuración extendida para ventilar
	2-10									4	igual a 3, pero con protección de vientos
	0-1						X	X	X	5	Configuración compacta
Ventilación	3-12									6	Habitaciones de una galería -Ventilación constante -
	1-2			0-5						7	Habitaciones en doble galería - Ventilación Temporal -
	0	2-12		6-12			X	X	X	8	Ventilación NO requerida
		0-1									
Tamaño de las Aberturas				0-1		0				9	Grandes 50 - 80 %
				2-5		1-12				10	Medianas 30 - 50 %
				6-10			X	X	X	11	Pequeñas 20 - 30 %
						0-3				12	Muy Pequeñas 10 - 20 %
				11-12		4-12				13	Medianas 30 - 50 %
Posición de las Aberturas	3-12									14	En muros N y S. a la altura de los ocupantes en barlovento
	1-2			0-5						15	(N y S), a la altura de los ocupantes en barlovento, con aberturas también en los muros interiores
	0	2-12		6-12			X	X	X		
Protección de las Aberturas						0-2		X	X	16	Sombreado total y permanente
			2-12					X		17	Protección contra la lluvia
Muros y Pisos				0-2						18	Ligeros -Baja Capacidad-
				3-12			X	X	X	19	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Techumbre	10-12			0-2						20	Ligeros, reflejantes, con cavidad
				3-12						21	Ligeros, bien aislados
	0-9			0-5			X	X	X	22	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Espacios nocturnos exteriores					2-12					23	Espacios de uso nocturno al exterior
			3-12							24	Grandes drenajes pluviales

Fuente: Fuentes, V. (2002). [elaboración propia]

Las recomendaciones propuestas por Mahoney se obtienen en el último paso de su método, y para el caso nuestro para el valle del Mantaro, son las que se aprecian en la Tabla 4. Entonces



según Mahoney las recomendaciones de diseño son: para la distribución una orientación norte-sur para las fachadas siendo el eje largo E-O, el espaciamiento debe tener una configuración compacta para evitar la pérdida de calor durante las noches, la ventilación debe ser temporal, el tamaño de las aberturas debe ser pequeñas de 20 a 30%, la posición de las aberturas en las fachadas N-S, los muros y pisos deben ser masivos con inercia térmica arriba de 8 horas de retardo térmico, similar para la techumbre.

6. Conclusiones

Es importante realizar estudios climáticos, bioclimáticos, con fines de edificación ya que en el Perú presenta una gran variedad climática determinada por la presencia de los Andes y su cercanía a la línea ecuatorial. Este hecho es importante para la comunidad de profesionales, arquitectos peruanos, ya que este está obligado a considerar esta diversidad como una oportunidad para concebir sus edificaciones con la mejor eficiencia energética y de recursos, siendo fundamental el buen diseño ya que la mayoría de las familias en la región alto-andina carece de recursos económicos para adecuar sus viviendas con sistemas mecánicos costosos, contribuyendo de esta forma al desarrollo sostenible de nuestras ciudades.

El estudio bioclimático en el contexto de la región alto-andina, valle del Mantaro, nos ha permitido conocer y sintetizar en un primer momento las principales herramientas de diagnóstico y de recomendaciones que existen, pero que son poco difundidas, y que cuentan un gran potencial de uso para el caso peruano, y en especial para el contexto andino. Evidentemente salvando las diferencias propias de estudios que nos sirvieron de antecedentes. Respecto de las estrategias de diseño bioclimático, todas coinciden que deben aplicarse estrategias de ganancia interna de calor, calentamiento, y luego almacenamiento de calor solar pasivo y activo., como se aprecia en la Tabla 5.

Tabla 5. Estrategias de diseño bioclimático para el valle del Mantaro - Junín

	Autor	Estrategias de diseño bioclimáticas y/o Recomendaciones:
Abaco Psicométrico	Baruch Givoni	<ul style="list-style-type: none"> • Ganancias internas (GI) • Ganancia solar pasiva (GSP) • Ganancia solar activa (GSA)
Carta bioclimática	Victor Olgay	<ul style="list-style-type: none"> • Ganancia energética interna. • Calentamiento solar pasivo y activo
Tablas de Mahoney	Carl Mahoney	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución: Orientación Norte-Sur (eje largo E-O) • Emplazamiento: Configuración compacta • Ventilación: Habitaciones en doble galería, ventilación Temporal • Tamaño de las Aberturas: vanos pequeños de 20 a 30% • Posición de las Aberturas: (N y S), a la altura de los ocupantes en barlovento, con aberturas también en los muros interiores. • Protección de las aberturas: con sombreado total y permanente, así como protección contra la lluvia. (En este punto hay diferencias entre los resultados de las tres ciudades estudiadas) • Muros y pisos: Masivos con inercia térmica arriba de 8h de retardo • Techumbre: Masivos con inercia térmica arriba de 8h de retardo

Fuente: Elaboración propia.

Este estudio también nos ha permitido cuestionar la validez y el alcance de la metodología propuesta por Mahoney. Los casos de las ciudades analizadas nos obligan replantear, particularizar, y profundizar más en el análisis climático propios para la región alto andina y otras regiones del país.



Agradecimientos: A Lillian Garay y a Karolina Romero por su apoyo fundamental en esta publicación, a las instituciones académicas que nos brindan la infraestructura necesaria para llevar a cabo nuestras investigaciones, a la Escuela Académico Profesional de Arquitectura de la Universidad Continental y la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Contribuciones de los autores: El primer autor ha desarrollado la revisión las herramientas de diseño bioclimático que tienen potencial de uso como método de enseñanza aprendizaje para para la formación de futuros arquitectos también es quien desarrolla la estructura metodológica de este trabajo de investigación, el segundo autor ha realizado la descripción general del valle del Mantaro como estudio de caso así como la elaboración de todas las figuras de este trabajo, el tercer autor ha realizado a recopilación de datos de fuentes oficiales así como la elaboración de todas las tablas de este trabajo. El resto de esta publicación ha sido tratado por los tres autores.

Bibliografía

Burga, J., Moncloa, C., Perales, M., Sánchez, J. y Tokeshi, J. (2014). *Tradición y modernidad en la arquitectura del Mantaro*. Huancayo. Editorial Universidad Continental.

Fuentes, V. (2002). Tablas de Mahoney. Laboratorio de investigaciones en Arquitectura Bioclimática. Universidad autónoma metropolitana.

Olgay, V. (1998). *Arquitectura y clima*, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Editorial Gustavo Gili.

Martin Wieser, R. (2006). Geometría solar para arquitectos. Lima: s.n.

Pulgar, J. 1938. Las ocho regiones naturales del Perú.

SENAMHI (2011). Atlas de precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Mantaro. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Ministerio de Ambiente. En el marco del proyecto PRAA. 157 pp.

SENAMHI (2013). Cambio Climático en la Cuenca del Río Mantaro, Junín Proyecciones para el año. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Ministerio de Ambiente. En el marco del proyecto PRAA. 93 pp.

SENAMHI (2019). Datos climáticos, estaciones meteorológicas del valle del Mantaro. Servicio nacional de meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

SENAMHI (2019). Mapa climático del Perú. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=mapa-climatico-del-peru>

Serra, R. (2000). *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili. 95 pp

Szokolay, S. (2004). *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*, elsevier, Oxford. 327p.