

PATRÓN URBANO SUSTENTABLE, EN ANTIGUO POBLADO EN EL VALLE DEL ELQUI-CHILE

SUSTAINABLE URBAN PATTERN IN OLD TOWN IN THE VALLEY OF ELQUI-CHILE

A. Mansilla^{1,2}

¹Departamento de Ingeniería en Obras Civiles, Universidad de La Serena, Benavente 980, La Serena, Chile.

²amansill@userena.cl

RESUMEN

El presente estudio permitió descubrir la existencia de un patrón urbano bioclimático en un antiguo poblado ubicado en el Valle de Elqui-Chile. Este patrón fue descubierto cuando se intentaba relacionar los antiguos poblados del Valle del Elqui con los recursos naturales del lugar, con el fin de lograr la Confortabilidad Térmica en sus habitantes. La metodología empleada se basó en realizar un estudio del microclima del lugar a través de las Cartas Bioclimáticas de *Olgyay (1963)* y luego elaborar una matriz de interacción entre variables urbanas y del medio ambiente natural. Los resultados demuestran que el antiguo poblado de Algarrobito, actúa de manera sustentable y aprovecha eficientemente los recursos naturales del lugar. La matriz muestra elementos y características únicas que evidencian además la presencia de un patrón urbano bioclimático. Una vez identificado el patrón urbano bioclimático, en el poblado de Algarrobito, se realizaron estudios para buscar evidencias que demostrasen que dicho Patrón Urbano se podía hacer presente en otros poblados. Así quedó de manifiesto que existió una planificación urbana ambiental en estos antiguos conjuntos que llevaron a lograr que dichos desarrollos tuvieran características bioclimáticas con un consiguiente logro del Confort Térmico para sus habitantes y por lo tanto una alta eficiencia energética.

Palabras claves: Urbanismo Bioclimático; Planificación Urbana; Desarrollo Urbano Sostenible.

ABSTRACT

The present study has revealed the existence of a bioclimatic urban pattern in an old village in the Valley of Elqui in Chile. This pattern was discovered when attempting to relate the ancient settlements of the Elqui Valley with the natural resources of the place, in order to achieve thermal comfort on its inhabitants. The methodology used was based on a study of the microclimate of the place through the bioclimatic charts of *Olgyay* and then draw up a matrix of interaction between urban environment variables and variables of the natural environment. The results of this research show that the ancient village in Algarrobito, acts sustainably and also efficiently leverages the natural resources of the place. The matrix shows the presence of elements and unique features that show the presence of a bioclimatic urban pattern. Once identified the urban pattern bioclimatic, in the town of Algarrobito, studies were conducted to look for evidence which demonstrate that the urban pattern could be present in other villages. Then certain characteristics lead to think that there was an environmental planning in the villages that led to achieve a set with bio-climatic characteristics.

Keywords: bioclimatic urban: urban planning; sustainable urban development

1. Introducción

Uno de los grandes problemas que aqueja nuestra sociedad actual es el aumento del consumo de recursos naturales no renovables ligado a procesos altamente contaminantes, con el objetivo de satisfacer necesidades de confort térmico. Al parecer la sociedad actual no ha tomado conciencia o se ha olvidado del daño que es posible causar al ecosistema al cual pertenecemos si consumimos en forma indiscriminada los recursos naturales del lugar donde vivimos. Sin embargo, existe clara evidencia que en el pasado, poblados pertenecientes a la cuenca del Valle del Elqui-Chile, para satisfacer sus necesidades de confort térmico, utilizaban en forma racional los recursos naturales del lugar e interactuaban eficientemente con las energías de la naturaleza. Es en este sentido que este trabajo de investigación ha motivado y orientado sus esfuerzos a descubrir la real eficiencia energética alcanzada en dichos poblados del Valle, con el fin de mostrar y demostrar que es factible interactuar con los recursos naturales del lugar generando altos niveles de confort térmico para sus habitantes.

Es realmente sorprendente ver cómo en algunos poblados pertenecientes a la cuenca del Valle del Elqui-Chile, se construyen y se han construido nuevos conjuntos habitacionales que muy poco o nada interactúan con los recursos naturales del lugar y más bien pareciera que fueron puestos artificialmente buscando sólo satisfacer mejorar la estadística de la demanda de viviendas en el sector. Y más aún poder apreciar cómo los residentes de dichas viviendas abandonan el interior de sus hogares a ciertas horas del día en verano, debido a que no soportan las altas temperaturas que se alcanzan en su interior. Abandonan sus moradas dirigiéndose hacia el exterior de éstas buscando refrescarse debido a una vivienda poco eficiente que debiera darles seguridad y confortabilidad. Pareciera que el diseño de la vivienda, junto a los materiales y su interacción con el lugar no satisfacen sus necesidades de confort térmico. La búsqueda natural del ser humano de sus necesidades básicas de confort no pareciera encontrarse en el interior de aquellas.

En este sentido *Olgyay (1998)* es claro al plantear que el control del entorno y la creación de condiciones adecuadas a sus necesidades y al desarrollo de sus actividades son cuestiones que el hombre se ha planteado desde sus orígenes. A lo largo del tiempo, los hombres han buscado, en la construcción de sus refugios, satisfacer dos necesidades humanas básicas: la protección ante los elementos y la provisión de un espacio dotado de una atmósfera favorable para el recogimiento espiritual. Pareciera que en el diseño o planificación de algunos conjuntos habitacionales modernos en el interior del Valle del Elqui en Chile, no existieron mínimos criterios bioclimáticos o que simplemente se llegó a pensar que los residentes en el futuro podrían realizar cambios o agregar elementos artificiales a sus viviendas que les permitiesen lograr el Confort Térmico.

Es en este mismo sentido que *Serra (1989)*, nos dice que cualquier edificio que se proyecte podrá resolver más tarde sus problemas de confortabilidad mediante sistemas artificiales de control ambiental. Ello nos permite ignorar las características del clima y del lugar donde se ubica. En la práctica, nuestras construcciones no solucionan los problemas climáticos e incluso, en ocasiones los agravan. El resultado es una arquitectura de la que podríamos afirmar “funciona peor que el clima”. Los edificios consiguen ser habitables sólo gracias al uso extensivo de sistemas artificiales de control ambiental, que no son otra cosa que añadidos ortopédicos a una arquitectura concebida desde la forma y desprovista de parte de su contenido.

Al analizar la interacción de los nuevos y antiguos conjuntos habitacionales del Poblado de Algarrobito en el Valle del Elqui-Chile, con el clima del lugar se llega a pensar que los nuevos habitantes se pudieran estar preguntando si existiese la posibilidad de volver a ocupar las antiguas moradas que sus ancestros ocuparon algún día. Viviendas que fueron construidas sin los conocimientos teóricos que existen hoy en día, pareciera que cumplen con más requisitos de confortabilidad térmica que las actuales.

Es tremendamente importante para este trabajo de investigación aclarar la real relación que existía entre los antiguos poblados del Valle del Elqui con las fuerzas o energías de la naturaleza. Este trabajo de investigación en todo su desarrollo basa sus esfuerzos en descubrir y caracterizar un Patrón Urbano que interactúa en forma equilibrada con las fuerzas de la naturaleza para lograr el confort térmico y que en definitiva se convierte en un Patrón Urbano Bioclimático del antiguo poblado. *Olgay (1963)*, nos dice, que el proceso lógico es trabajar con las fuerzas de la naturaleza y no en contra de ellas.

Al analizar la interacción de los antiguos conjuntos habitacionales del Valle del Elqui con el clima del lugar, se puede apreciar una interacción armónica y equilibrada. En este sentido *Neila (2004)*, nos dice que a lo largo de la historia, “la relación entre clima y arquitectura ha sido siempre íntima, estableciéndose una dependencia de los materiales, las técnicas, los sistemas constructivos y el diseño de los edificios, con el clima del lugar. La arquitectura popular representa la adecuación perfecta entre clima, las necesidades humanas y la construcción sostenible, y por ello se podría decir que es la primigenia arquitectura bioclimática”

Cuando se compara la planificación urbana que se realizó en los nuevos y antiguos conjuntos, puede darse cuenta de la gran diferencia que existió entre ellos. Una que permitió interactuar al conjunto armónicamente con el clima y otra sin ninguna planificación con los criterios bioclimáticos. Es aquí, donde *Higueras (2006)*, nos dice que la planificación urbana debe considerar los criterios de economía energética y el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales locales. Así se logrará un equilibrio entre el diseño urbano y las variables climáticas, topográficas y territoriales.

Por todas estas razones expuestas anteriormente, es que este trabajo de investigación ha realizado todos los esfuerzos para determinar las relaciones existentes entre los nuevos y antiguos conjuntos en los poblados del Valle del Elqui-Chile con los recursos naturales del lugar orientado a la obtención del confort térmico de sus habitantes.

2. Marco Teórico

La diversidad térmica urbana es una característica fundamental observada en las investigaciones que relacionan la forma urbana con el microclima y el confort (*Steevers, Steane 2004*). Esto significa que la amplia gama de variaciones microclimáticas y por ende de confort térmico varía según sea la configuración espacial de la ciudad. Desde una perspectiva de la planificación y el diseño urbano, dichos autores afirman que la geometría de la forma urbana tiene un importante efecto en el microclima y confort, pero que no ha sido estudiado en su real dinámica de comportamiento.

De *Solá-Morales* afirma que el estudio de la morfología urbana representa un método eficaz de análisis que hace puente entre la forma de la ciudad y la arquitectura, el cual se realiza a través del estudio de los tejidos urbanos. Los componentes del tejido urbano son la tipología edificatoria, los patios, las parcelas, la manzana y las calles. (*Panerai et al. 1983*). La creciente dependencia de la ciudad de los combustibles fósiles, la imperante demanda de recursos naturales y la implacable generación de contaminantes son sin dudas los problemas más urgentes a los que la ciudad del futuro debe enfrentarse. (*Rogers & Gumuchdjian, 2000*)

La edificación es un voraz consumidor de materiales, principalmente en su fase de construcción y un gran generador de residuos en todo el ciclo de vida¹, de la construcción, reposición y fin de vida.

¹ Desde la perspectiva de los negocios sustentables, un análisis de ciclo de vida (LCA en inglés) o "análisis de la cuna a la tumba", o, más comúnmente, balance ambiental, es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia (extracción, producción, distribución, uso y desecho).

Muchos materiales empleados en la construcción son materias primas limitadas, cuya reutilización o reciclado es todavía muy difícil de obtener. (*IDAIE-Instituto Para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2000*)

Las ciudades son grandes depredadores de energía, durante todo su ciclo de vida: energía para la extracción de materiales, su transporte y transformación, para la construcción de edificios, calles, plazas, carreteras, etc., durante su uso y también en el transporte para la entrada de los recursos y la salida de los desechos. (*Robinson, 2011*).

Para entender el problema del consumo energético en las ciudades, no es suficiente relacionar el problema con la necesidad de hacer edificios más aislados, el uso de sistemas más eficientes y la producción combinada de calor y electricidad. Es necesario poner en primer lugar la planificación energética de la ciudad, operando en base a los principios de un uso racional de la energía y de la reconsideración de sus sistemas de producción y distribución. (*Bettini, 1998*)

Está claro que para poner en marcha el proyecto de una ciudad más sostenible se necesitan una serie de informaciones, estrategias y políticas donde el compromiso público-institucional debe ser firme y duradero. (*Naredo & Rueda, 1997; Naredo, 2003*). Sin embargo no podemos ladear la calidad medioambiental ya que, para conseguir ciudades menos insostenibles, es necesario reducir la presión de la urbanización sobre el medio natural. En otras palabras, el problema es cómo podemos mejorar la eficiencia de nuestras ciudades y reducir su huella ecológica sin comprometer la calidad de vida y el confort de los ciudadanos. En esta pregunta están implícitas muchas cuestiones, relacionadas no solo con la eficiencia en el uso de la energía y de los recursos, si bien con el mismo concepto de confort de la sociedad del bienestar y del consumismo. (*Fariña Tojo, 2003a*)

No cabe duda que las condiciones climáticas afectan de forma determinante el consumo energético de la ciudad, para la climatización de los edificios, viviendas, oficinas, (*Akbari, Bretz, Kurn, & Hanford, 1997; Akbari, Pomerantz, & Taha, 2001; K.Niachou, Livada, & Santamouris, 2008; Santamouris, Asimakopoulos et al., 2001; Santamouris, Papanikolaou et al., 2001; Synnefa, Santamouris, & Akbari, 2007a*) y también de los espacios exteriores: por ejemplo los sistemas de climatización para exteriores, como calentadores para el invierno o sistema de microclima para el verano, que son cada vez más difusos en plazas, paseos y terrazas.

Actualmente en la Cuenca del Valle de Elqui Chile, específicamente en los sectores en que fueron emplazados los antiguos poblados, se están construyendo nuevos conjuntos habitacionales. Esta expansión de la edificación hacia el interior del valle lleva implícito el consumo de recursos energéticos para lograr satisfacer necesidades de confort higrotérmico de sus habitantes. En general, para lograr satisfacer dichas necesidades los habitantes introducen sistemas artificiales de control térmico lo que conlleva a un elevado consumo energético.

Referido a esta problemática algunos especialistas como *Casado, (1996)* plantean que: “Desde la proyección de los edificios se puede controlar en gran medida su consumo energético. Posteriormente, en la utilización de los edificios tendrá una gran importancia la gestión de la energía, la intervención de los usuarios y el mantenimiento. La implantación de los edificios juega un papel fundamental en el consumo de energía. No siempre se pueden escoger las condiciones más favorables, pero la referencia al clima, la vegetación, la topografía y el tejido edificado tienen que ser un primer paso tanto si lo aprovechamos como si nos tenemos que proteger de las condiciones adversas”

La aparición de nuevos desarrollos urbanos en el Valle del Elqui Chile están reemplazando los antiguos conjuntos del lugar, utilizando un nuevo emplazamiento, nuevas orientaciones de las viviendas, nuevos materiales de construcción que no son locales, que no se adaptan a las condiciones climáticas del lugar para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales con el consiguiente gasto elevado de los recursos naturales no renovables. Es fundamental entonces que existan estrategias de planificación urbanas tendientes a reducir los consumos energéticos en los actuales y futuros asentamientos. Dicha planificación urbana debe estar plasmada explícitamente en las ordenanzas y normativas locales.

Hipótesis

El antiguo poblado de Algarrobito ubicado en la cuenca del Valle de Elqui Chile posee un Patrón Urbano Bioclimático que aprovecha de mejor forma los recursos naturales del microclima del lugar, para lograr el confort térmico en la población, sin embargo, las nuevas formas urbanas y constructivas han perdido esta interacción, en gran medida porque no han continuado construyendo basándose en el patrón urbano que poseen los antiguos conjuntos habitacionales del lugar.

Objetivo General

Determinar la existencia de un Patrón Urbano Bioclimático en el antiguo Poblado de Algarrobito ubicado en el Valle del Elqui Chile y su posible relación con los recursos naturales del lugar.

Objetivos Específicos

- Encontrar un Patrón Urbano Bioclimático del antiguo conjunto habitacional realizando un análisis de las condiciones de ordenamiento del conjunto (emplazamiento de cada conjunto, estructura urbana, morfología de los espacios públicos, tipología del paisaje topográfico, tipo de vegetación), del diseño de las edificaciones (tipologías de las viviendas, forma y volumen de las edificaciones, orientación de las viviendas) y los elementos constructivos (aberturas y ventanas, muros, cubiertas, materiales, elementos de protección solar, cimientos, Otros)
- Determinar una relación entre el Patrón Urbano del antiguo conjunto habitacional, con el microclima del lugar y la confortabilidad térmica de los habitantes.
- Determinar si el nuevo conjunto habitacional sigue las características del Patrón encontrado en el antiguo conjunto.

Metodología

Para la realización de este trabajo de Investigación se han llevado a cabo las siguientes fases de desarrollo:

- En primer lugar se identificaron, obtuvieron y procesaron los datos climatológicos de las estaciones meteorológicas más cercanas al lugar de estudio (Humedad Relativa, Temperatura, Radiación Solar, Dirección del viento, velocidad del viento). Los datos obtenidos fueron horarios, diarios, mensuales y anuales.
- En segundo lugar, se procedió a seleccionar el primer poblado de la cuenca del Valle de Elqui que se encontrara en un lugar donde el clima estuviera bajo los 600 msnm y tuviera influencia marítima y también existieran nuevos conjuntos habitacionales como antiguos. El clima identificado es el reconocido Clima de estepa con nubosidad abundante. Específicamente se trató del Pueblo de Algarrobito.

- En tercer lugar se realizó un reconocimiento en terreno, principalmente se visitan los dos conjuntos habitacionales, el nuevo y antiguo conjunto del Poblado para identificar las áreas de estudio. Mediante una revisión e identificación exhaustiva de la arquitectura del lugar, así como de una labor de reconocimiento visual de procesos y materiales de construcción utilizados en las antiguas como las nuevas viviendas y de su desarrollo urbano, se logró una primera aproximación hacia la problemática.
- En cuarto lugar se confeccionaron los Climogramas de Bienestar de Olgyay para el sector en estudio en horas, días, meses y años. Se elaboraron Climogramas para verano, otoño, invierno y primavera considerando los distintos arropamientos (CLO), el Metabolismo de las personas (MET), el Viento y la Temperatura Media Radiante. Aquí se establece el clima del lugar y se determinaron las necesidades para entrar a la zona de confort térmico.
- En quinto lugar, se determinó la interacción de la energía solar local, vientos, humedad, temperaturas con el conjunto tanto nuevo como antiguo, permitiendo una primera aproximación a la problemática del espacio exterior y la confortabilidad térmica. Esto permitió en base a las condicionantes del lugar, la arquitectura vernácula y los materiales buscar e identificar un Patrón urbano, específicamente en el antiguo conjunto que permitiese generar confortabilidad térmica a sus habitantes y al mismo tiempo considerar que el nuevo conjunto no seguía ese patrón urbanístico, con las disfuncionalidades que ello conlleva.

Discusión y Resultados

a) Evaluación Diagnóstica bioclimática del Antiguo Conjunto Habitacional.

- Orientación de la calle principal. Existe un viario principal con orientación SE-NO. Se favorece la radiación solar por estar situado a media ladera y orientada con dirección N65°E que favorece la radiación solar en las mañanas y tardes.
- Forma y Materialidad de la calle. El ancho del viario varía entre 8 a 11 metros. El viario se encuentra sobre la curva de nivel del terreno a 130 msnm y recorre con dirección NO y SE.
- Orientación y Localización de la Plaza. Existe una plaza que se encuentra confinada por tres calles. Se encuentra ubicada sobre el viario principal, por donde se accede. Las viviendas alrededor de la plaza no obstaculizan la entrada de los rayos solares provenientes del NORTE (Hemisferio Sur). Con gran vegetación en su interior. Los árboles se orientan alrededor de la plaza dando sombra en los meses cálidos y protegiendo de los vientos dominantes provenientes del NE. Especies: Se aprecian palmeras, pinos radiatas y árboles de unos 3 a 5 metros de alto. Gran variedad de flores y prados.
- Otras zonas verdes y espacios libres. Se aprecian árboles en la acera a ambos lados del viario principal, dando sombra a los habitantes que transitan por el lugar. En el patio posterior de las casas existe gran cantidad de vegetación.
- Geometría y Densidad de la manzana. No existe una manzana tradicional cuadrada, sólo existen viviendas ubicadas a ambos lados del viario principal. Las viviendas están unidas unas con otras, produciendo una alta densidad en forma lineal. El Factor de forma se hace más pequeño con este tipo de agrupación, respecto a una vivienda aislada, ya que la superficie de contacto se convierte en un borde neutro sin intercambio de calor.
- Orientación de las fachadas. Un mayor desarrollo al N65°E y menor desarrollo al S65°O. El sol llega en las mañanas a las fachadas orientadas al N65°E y en las tardes al S65°O.
- Geometría de las parcelas. Las formas de las parcelas son de formas trapezoidales y rectangulares, con una profundidad de unos 20 a 30 metros. Poseen entre 20 y 35 metros de frente. La alineación (línea oficial) es a vial.

- Ocupación de la parcela. El área aproximada fluctúa entre 500 a 1400 m² de superficie. Esta gran superficie de la parcela permite tener mayor posibilidad de emplazar la vivienda, pensando en el aprovechamiento del sol en épocas invernales y de verano.
- Edificabilidad. El coeficiente de constructibilidad varía entre 0,14 y 0,42 en algunas parcelas. El Factor de Forma fluctúa entre 0,9(vivienda pareada) y uno (vivienda aislada). Esto permite enfriar la vivienda en verano. La totalidad de las viviendas son de una planta. Con alturas de 3,5 a 4 metros.
- Control Solar. Vivienda unifamiliar pareada o en hilera, que evita la pérdida de calor por menor superficie expuesta al exterior. Esto es interesante en invierno
- Existen huecos (vanos) orientados al NE para aprovechamiento solar en las mañanas y al SO para aprovechamiento de sol en la tarde. Gran volumen de la edificación, implicando una capacidad mayor para guardar energía. Los muros guardan calor en las mañanas (mayor energía) y la entregan en las tardes y noches frías. (Retardo térmico 10 hrs). Esto implica que a las 18:00 hrs los muros empiezan a entregar calor.
- Materiales de Construcción: Muros de adobe de 50 a 60 cm de espesor, favoreciendo con una alta inercia térmica. Los cimientos de piedra favorecen la retención de calor al igual que los muros de adobe. De gran masa térmica.
- Pendiente Cubierta: Cubierta que tiende a los 40° aprovechando de mejor manera la radiación solar, como también la rápida evacuación de la alta humedad del ambiente.
- Aleros: Aleros de muy corta longitud para no obstruir los rayos solares. No existen voladizos que impidan la entrada de sol en invierno ni en verano.
- Orientación de la vegetación exterior. La vegetación dentro del viario se localiza en ambos lados del viario a muy poca distancia de las fachadas siguiendo la dirección del viario (sentido SE-NO), siempre con hoja caduca para no impedir la radiación solar invernal y a la vez poder tapar la energía del sol en verano.
- Forma de los árboles. La altura de los árboles no sobrepasa la altura máxima de las viviendas y con gran follaje en verano para tapar el exceso de radiación. Favorece sombras para los habitantes que circulan por la vereda en verano.
- Ubicación de árboles en veredas. Los árboles están ubicados muy cercanos a las fachadas pero no impiden el libre tránsito de los peatones ya que se encuentran bajo el nivel de la acera.
- Vegetación en patios. La vegetación se distribuye extensamente en la parcela, protegiendo de los vientos fríos que provienen de la costa (Oeste)
- Altura árboles. La altura sobrepasa la altura de las viviendas. Aproximadamente 5 metros. Entregan sombra en verano y protegen de los vientos fríos en invierno.
- Cantidad árboles en parcela. Aproximadamente un 60% de la parcela se encuentra con árboles.
- Orientación del viario principal. La canalización de los vientos dominantes es a través del viario principal en dirección NO-SE. Durante el año los vientos dominantes provienen tanto del NO como del SE. La forma del viario hace que el viento sea canalizado y fluya por cada una de las viviendas aprovechándose la ventilación para refrescar en algunos días calurosos y para extraer la humedad. Hay evidencia de sistema de ventilación cruzada en viviendas ubicadas en el viario.
- Forma viario principal. La forma de la red viaria (túnel de viento) ayuda a canalizar los vientos para su aprovechamiento. Por la forma del viario, es más predecible saber cómo ingresarán los vientos al poblado, pudiendo anticiparse a ellos tanto en verano como en invierno.

- Protección vientos. La parcela, de forma rectangular, queda protegida de los vientos fríos que provienen del Oeste por árboles en la parte posterior de la vivienda. Dichos árboles protegen también la parcela de los vientos provenientes del SE.
- Aprovechamiento brisas. Las parcelas fueron ubicadas con dirección NE, a media ladera, esto permite aprovechar la brisa de “ladera” que tiene dos sentidos, uno hacia la parte superior de la ladera en el día y otro hacia la parte inferior en la noche.
- Posición de la parcela. La posición de la parcela en baja ladera no permite que los vientos alisios lleguen a la vivienda quedando ésta más protegida.
- Microclima Externo: La plaza posee una pileta (fuente) de agua que refresca el lugar en verano produciendo un microclima.
- Microclima Interno en la vivienda: El adobe produce un microclima interno que favorece la eliminación de la humedad y mantención de temperaturas agradables y constantes durante todo el año.
- Aislación de la humedad. El agua no sube por capilaridad por los muros ya que la piedra es utilizada en las fundaciones y no deja pasar la humedad.
- Adaptación Topografía: El viario principal se adapta a la topografía, siguiendo las curvas de nivel, por lo que se deduce hubo poco movimiento de tierra para su construcción.
- Pendiente ascendente hacia la parte superior de la ladera (17%)
- Excelente integración con el medio natural.

b) Evaluación Diagnóstica no Bioclimática del Nuevo Conjunto Habitacional.

Al realizar la matriz de interacción ambiental del nuevo conjunto se puede evaluar en forma crítica la forma de proyectar un conjunto habitacional con poco o nada de criterios sostenibles.

Los aspectos más negativos encontrados son:

- La planificación del conjunto no ha tenido en cuenta los recursos naturales existentes en el lugar. En un lugar donde la carta bioclimática establece claramente una necesidad de energía en la mayoría de los meses del año, no se puede construir en una planicie, se debe construir en una ladera para una mayor ganancia de energía.
- El proyecto no se debe realizar sin una plaza o espacios recreativos, que incorporen al menos una fuente de agua y vegetación local, para refrescar los espacios públicos, donde pueden encontrar confort térmico los habitantes del sector.
- No se puede proyectar un conjunto sin considerar en absoluto la materialidad de la edificación. No es conveniente que se especifique un material de construcción como el Poliestireno expandido que está generando una gran aislación térmica que no deja salir el calor del interior de las viviendas, con muy poco retardo térmico. No se debe permitir que los habitantes del conjunto salgan fuera de la vivienda para encontrar el Confort Térmico. Los habitantes en verano frecuentan más el exterior de su vivienda que el interior, colocando toldos artificiales que generan sombras en sus patios.
- La no existencia de árboles que puedan desviar o reducir los vientos fríos que provienen del Este, es claramente un indicio de no haberse proyectado considerando los recursos naturales del lugar.
- La carta bioclimática local, muestra un clima frío con necesidad de calor en las horas de la tarde y las mañanas durante todo el año. Sin embargo, los muros no actúan como retardadores térmicos que puedan entregar calor cuando se necesite.

- La orientación de las viviendas queda prácticamente al azar según la distribución que resulte de agrupar una mayor cantidad de viviendas en el lote, más que favorecer el confort térmico.
- Debido al clima frío del lugar, debería haberse utilizado un factor de forma pequeño, y por lo tanto viviendas pareadas para reducir las pérdidas de calor de las viviendas y no viviendas aisladas.
- Como la humedad es muy alta, cercana al 80% durante todo el año por encontrarse cerca de la costa, la pendiente de la cubierta debería haber sido mayor. Esto, para evacuar la humedad más rápidamente. Adicionalmente una mayor pendiente de la cubierta, capta mayor radiación solar necesaria en este clima frío.
- En zonas agrícolas o rurales, al menos las calles se deberían haber proyectado con pavimento de piedras. Existe gran cantidad de piedras y del tamaño adecuado para construir pavimentos de piedra. La piedra permitiría retener el calor y entregarlo en las tardes frías. Al mismo tiempo se promueve la utilización de materiales locales y rescatan oficios (canterías) del lugar.
- Las viviendas no poseen ventilación cruzada. Esto es muy importante ya que la alta humedad del sector (80%), provoca sensación de incófortabilidad, problemas de hongos y salubridad.

c) Importancia del Patrón Bioclimático encontrado en el Antiguo Conjunto Habitacional en Algarrobito:

- Se puede apreciar fácilmente su interacción con los recursos naturales del lugar, lo que inclusive podría servir para la enseñanza de los conceptos del Urbanismo Bioclimático a los propios habitantes del sector.
- Es aplicable en la planificación de nuevos conjuntos al interior del valle del Elqui, pudiendo servir como referencia para los demás desarrollos.
- Sus características morfológicas constructivas se pueden emular sin dificultad y los materiales utilizados en la construcción de las viviendas se encuentran todavía presentes en el lugar, lo que permitiría continuar con el desarrollo urbano antiguo del sector.
- Se encuentra a solo 12 kilómetros de la ciudad de La Serena, lo que permite ser visitado en un tiempo no superior a los 30 minutos, por parte de interesados.
- Permitiría desarrollar un turismo sustentable, toda vez que podría crearse un museo al aire libre que muestre las características del lugar y museos-bibliotecas con maquetas, simulaciones y software interactivo que permita al visitante aprender del patrón.
- Se genera la inquietud de observar otros poblados antiguos de la cuenca en estudio con una mirada de descubrimiento, toda vez, que surge la real evidencia en este trabajo de investigación que el patrón se repetiría en al menos otros dos poblados (Paihuano y Diaguitas).
- Abre la posibilidad de declarar Monumentos Nacionales los antiguos conjuntos de viviendas del Valle del Elqui Chile y poder conservarlos.

d) Evaluación final y directrices para nuevos desarrollos residenciales en base al patrón

En Algarrobito es necesario un aporte de calor o radiación prioritario. Al proyectar un conjunto se debería considerar los siguientes criterios:

- Aumentar la ganancia solar directa y reflejada con el mínimo de obstrucciones solares en las edificaciones en el solsticio de invierno, especialmente en las horas que la altura solar es baja.

- La orientación óptima de las edificaciones debería ser NORTE, aunque es tolerable una desviación entre 30° (90% de la radiación diaria) y 45° (80%). Es preferible que las edificaciones estén orientadas hacia el NOR-ESTE para compensar las bajas temperaturas de las mañanas.
- Zonas verdes con arbolados de hoja perenne para protección de los vientos dominantes fríos del NOR-OESTE (del mar)
- Limitar la altura de la edificación en relación con el ancho de calles para asegurar al menos 2 horas de sol en fachadas en el solsticio de invierno, sin perjudicar la llegada de sol en los espacios urbanos.
- Tener especial cuidado con el tamaño y forma de las ventanas. La ganancia de radiación es proporcional al área acristalada, por lo que se debe aumentar el tamaño de los paños acristalados.
- Se debería posicionar la ventana en parte alta para aumentar la profundidad de soleamiento.
- Los vidrios deberían ser totalmente transparentes para que su Factor Solar sea alto (FS=0,85), teniendo cuidado con las pérdidas por conducción. También es posible colocar vidrios especiales con una alta Transmitancia (FS>0,90)
- Es aconsejable acristalamientos orientados al NORTE con una inclinación de 45° que recibirían un 122% de la radiación captada por huecos verticales.
- Las protecciones solares para el verano deberían diseñarse con una geometría tal que no arroje sombras en los meses de Invierno
- Protección exterior en todos los huecos con contraventanas, para evitar pérdidas de calor por los acristalamientos.
- Deberían existir mínimos huecos orientados al SUR.
- Potenciar el uso de balconadas acristaladas, miradores o invernaderos orientados al NORTE
- Acumulación energética en los muros de cerramientos, siendo aconsejable desfases de más de 10 horas para contrarrestar las frías tardes y noches de OTOÑO, INVIERNO y PRIMAVERA.
- Pintar con colores claros las fachadas, para aumentar la radiación reflejada
- Cubiertas de gran inclinación para un mejor aprovechamiento de la energía solar y para que la humedad del ambiente se evacue con facilidad
- Altas y medias densidades de edificación con Factor de forma bajos para evitar mayores superficies expuestas al exterior y por ende menores pérdidas de calor. Recomendando edificaciones pareadas.
- Se debería incluir estas recomendaciones en los Planes reguladores que rigen los futuros desarrollos urbanos en la cuenca en estudio.
- Los futuros desarrollos deberían continuar con la traza lineal que rige actualmente los conjuntos antiguos.

Referencias

1. AKBARI, H.; POMERANTZ, M.; TAHA, H. (2001): “Cool Surfaces and Shade Trees to Reduce Energy use and Improve Air Quality in Urban Areas. *Solar Energy*”, vol. 70, no. 3, pp. 295-310. ISSN 0038-092X.
2. BRETZ, S.; AKBARI, H.; ROSENFELD, A. (1998): “Practical Issues for using Solar-Reflective Materials to Mitigate Urban Heat Islands”. *Atmospheric Environment*, vol. 32, no. 1, pp. 95-101.
3. BETTINI, V. - OTROS (1998): “Elementos de Ecología Urbana”. Edit. Trotta, Madrid.
4. FARIÑA, J. (2003): “Ciudades Menos Insostenibles”. *Boletín CF S*, no. 25.
5. HIGUERAS, E. (2006): “Urbanismo Bioclimático”. Editorial Gustavo Gilli. Madrid, España.
6. NAREDO, J.; RUEDA, S. (1997): “La “ciudad Sostenible”: Resumen y Conclusiones”. La Construcción De La Ciudad Sostenible. Trabajos do Comité Habitat II España.
7. NAREDO, J.; OTROS (2003): “Textos sobre sostenibilidad I y II, en Cuadernos del Instituto Juan de Herrera”. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid.
8. NEILA, J. (2004): “Arquitectura Bioclimática en un entorno Sostenible”. Editorial Munillalera. Madrid. España.
9. OLGYAY, V. (1963): “Design with Bioclimatic approach to architectural regionalism”. Princeton University Press. Nueva Jersey.
10. ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. (2000): “Ciudades para un pequeño Planeta”. GG.
11. ROBINSON, D. (2011): “Computer Modelling for Sustainable Urban Design: Physical Principles, Methods and Applications”. Earthscan. ISBN 9781844076796.
12. SERRA, R. (1989): “Clima, Lugar y Arquitectura. Manual de diseño Bioclimático, editado por el centro de investigaciones energéticas-CIEMT”, Madrid.
13. SANTAMOURIS, M. (2001): ed., Athens, Greece: University of Athens. ISBN 1-873936-90-7.
14. SANTAMOURIS, M. et al. On the Impact of Urban Climate on the Energy Consumption of Buildings. *Solar Energy*, (2001), vol. 70, no. 3, pp. 201-216.
15. STEEMERS, K.; STEANE, M. (2004): “Environmental Diversity and Architecture”. London: Spon Press, 2004. ISBN 0-415-31478-X.