

# Oasis en el Desierto: El patio arborizado como estrategia de desarrollo sustentable para el diseño urbano de Diego de Almagro

**Samantha Dávila Mosquera**

Artículo producido a partir de tesis de magister

Profesores guía: Renato D'Alencon, Roberto Morris

## INTRODUCCIÓN

Ubicada sobre la latitud 26°S y longitud 70°W, en la región de Atacama, al norte de Chile, Diego de Almagro se caracteriza por ser caluroso y seco a lo largo del año<sup>1</sup>. Presenta bajos niveles de precipitación, y escasos recursos hídricos que son, generalmente, destinados a la minería. Según la clasificación de Köppen, su clima se define como desértico cálido (BWh) o clima árido, y por su alta exposición solar, de 1000 W/m<sup>2</sup> aproximadamente, la instalación de plantas solares es un prospecto real de desarrollo sostenible en la actualidad<sup>2</sup>.

Consciente del potencial impacto global que hoy en día representa Chile, en cuanto al desarrollo de energías renovables, las autoridades han llevado a cabo una serie de inversiones en áreas verdes, a pesar de las complejidades que esto representa, con el fin de proyectar al turista una imagen de 'oasis en el desierto'.

Esta búsqueda se sustenta en la presencia de dos áreas verdes de considerables superficies en las cercanías de Diego de Almagro, determinando un inusual paisaje para el desierto. Éstas son una toma informal hacia el poniente de la ciudad, conocida como 'El Oasis', que presenta primordialmente especies propias del sur del país, y el Parque Quinta 'Los Chañares', con plantaciones de limones, mandarinas y olivos, ubicado al suroriente.

Los espacios públicos que forman parte del paisaje de la comuna, constituyen, en su mayoría, grandes paseos o plazas con pocas áreas verdes y, por lo general presentan importantes estructuras de cubierta. Esto indica una latente incompatibilidad entre lo que se busca y la realidad concreta de la habitabilidad urbana [FIG. 01].

Ahora bien, la verdadera esencia de 'oasis' se encuentra oculta en plena vista, compartimentalizada en los vacíos residuales de la construcción residencial. Tras el grano construido, laten núcleos vegetales, plantados y regados por la comunidad misma, que conforman una identidad propia para la ciudad desértica [FIG. 02].

FIG. 01: Comparación entre el paisaje 'objetivo' de la ciudad, y la realidad del espacio público. Se presenta en la primera imagen, el Parque Quinta "Los Chañares", mientras en la segunda, se presenta la cubierta de un sector del bandejón peatonal sobre la Av. Juan Martínez de Rosa. Elaboración propia, 2018.



En vista del Programa de 'Reactivación Urbana y Productiva Sustentable de Atacama, Corredor Solar', enfocado en la reconstrucción de la Provincia de Chañaral tras el aluvión del 25 de marzo de 2015, existe un creciente interés en las potencialidades de desarrollo sustentable y diversificación productiva del territorio. Por proyectos como el Paso de San Francisco<sup>2</sup>, inevitablemente, la ciudad pasará por un proceso considerable de expansión y desarrollo urbano. En conjunto, estos patios tienen el potencial de generar estrategias de desarrollo que apunten a contrarrestar fenómenos como el 'Efecto Isla Calor' desde la escala urbana más particular, pudiendo convertir Diego de Almagro en una ciudad piloto para la sostenibilidad en el norte de Chile.

### **PATRONES: LA CUALIDAD SIN NOMBRE**

Alexander declara que existe un modo de construir particular e intemporal, latente en la arquitectura a través de la historia<sup>4</sup>. Este proceso de crear espacios, se basa en el concepto de patrones. Un patrón es evidencia de la repetición de ciertas características fundamentales y observables en los edificios y las ciudades. Éstos forman parte de un sistema, a partir de otros patrones combinables entre sí, en un sinnúmero de soluciones. Los resultados, como entorno construido, pueden tener, o no, la 'cualidad sin nombre'<sup>5</sup>. Ésta no es repetitiva, pues es propia del sitio en el que ocurre, ya que los acontecimientos de la vida se traducen en manifestaciones espaciales.

Los acontecimientos son los impulsores del trazado de los espacios, variando a través de las diferentes culturas y tradiciones a lo largo del tiempo. Son inseparables del espacio en el que acontecen, y de poseer la cualidad sin nombre, están vivos y libres de conflictos interiores.

La comprensión de patrones es, entonces, fundamental para la arquitectura y el entorno urbano. Es posible identificarlos, y la sustentabilidad se ha encargado de reconocer las respuestas del pasado. Así pues, el diseño a partir del reconocimiento de patrones, de los acontecimientos y su cualidad sin nombre, así como las características ambientales resultantes, define una calidad de vida autónoma, autorreferencial y por lo tanto, sustentable.

### **ESPACIOS INTERMEDIOS Y EL LOTE 9x18**

Kapstein elabora un levantamiento detallado, en plantas e isometrías, de casas ejemplares, dentro de un contexto cultural determinado, en la Región de Antofagasta<sup>6</sup>. Define espacios intermedios, los identifica como lugares existenciales y describe su espacialidad en términos de forma, función, simbología y ambiente. Da a entrever cómo la combinación de variables espaciales y los patrones que conllevan, se entrelazan con las necesidades de refugio que las condiciones geográficas exigen, y resultan en arquitectura viva.

Bajo las mismas nociones de comprender la arquitectura particular, Vergara y Palmer realizan

un estudio profundo de las soluciones habitacionales resultantes de la expansión urbana en la Región Metropolitana para la década de los sesenta<sup>7</sup>. Elaboran un estudio de 33 viviendas de lotes de 9x18 metros, resumiendo sus características en fichas técnicas, para luego realizar el levantamiento de 10 casos ejemplares a través del dibujo técnico altamente detallado.

En estos términos, nuestra investigación se basa en el análisis sistémico de los patios de Diego de Almagro, bajo las nociones de caracterización espacial del trabajo de Kapstein, Vergara y Palmer. Elaboramos el levantamiento detallado de los temas morfológicos, funcionales y semiológicos de casos de estudio, y profundizamos en el carácter ambiental de los patios.

### **DEFINAMOS EL CONFORT EXTERIOR**

El confort ambiental puede definirse operacionalmente como el rango de las condiciones del entorno consideradas aceptables dentro de un espacio habitable, en el que el ser humano desarrolla sus actividades.

Waldo Bustamante<sup>8</sup>.

D'Alençon y Kramm definen tres aristas o tipos de confort ambiental: el higrotérmico, el visual y el acústico, que contemplan parámetros de influencia físicos, los humanos y los externos<sup>9</sup>. La investigación del confort aplicado al aire libre es relativamente nueva y los parámetros que considera son diferentes a aquellos que definen el confort interior<sup>10</sup>. El espacio exterior es de otro orden y se enfrenta a una compleja interrelación de parámetros altamente impredecibles. El factor de mayor relevancia para el espacio exterior es el clima, ya que sus características particulares, determinan las estrategias requeridas para alcanzar el confort. Entendemos principalmente que la evidencia del confort del espacio urbano es su constante uso. En Diego de Almagro, el espacio exterior es utilizado una vez que bajan las altas temperaturas del día. Por lo tanto, el confort térmico es primordial para el patio como espacio microurbano.

Entonces, para el desarrollo de la investigación, los parámetros considerados son la temperatura del aire, la temperatura radiante, la radiación, la humedad relativa, la velocidad del viento, y los factores humanos de vestimenta y metabolismo.

Por lo general, la temperatura al aire libre está por encima de los valores estándar definidos para las condiciones interiores, y su percepción es difícil de separar de la sensación térmica general. Además, está sujeta al proceso de convección<sup>11</sup> y, por lo tanto, depende de los parámetros de viento. Consideramos el rango de confort entre 20 y 27°C de temperatura<sup>12</sup>.

La temperatura radiante en el entorno abierto se define como la temperatura superficial uniforme que, en el caso de los patios privados, es propia de los elementos de deslinde del lote y la vivienda. El intercambio de calor, en esta instancia, se da por la energía en forma de radiación electromagnética

que transita desde una superficie más caliente a una más fría<sup>3</sup>. La temperatura superficial está sujeta a la radiación solar directa sobre los cerramientos del espacio y las propiedades físicas de los materiales que presenten.

La radiación solar es la energía emitida por el sol, tiene un impacto significativo en el confort térmico y es controlada, principalmente, a través de la sombra. La cantidad de energía disponible sobre la superficie del planeta depende del ángulo de incidencia solar en un momento determinado del año. Asimismo, está sujeto a la inclinación de 23°27' del eje de rotación de la Tierra<sup>14</sup>, por lo que varía entre estaciones y latitudes.

La humedad relativa es la relación en porcentaje de la cantidad de vapor de agua que contiene el aire en una temperatura determinada y la máxima cantidad que puede contener a la misma temperatura. Entendemos que a mayor temperatura el aire puede contener más vapor de agua y viceversa. El rango de confort definido es entre los 20 y 75 por ciento de humedad relativa<sup>15</sup>.

La velocidad del viento está sujeta a la morfología del contexto inmediato que, considerando el patio, implica la forma urbana y la configuración del loteo de la manzana. En el caso de Diego de Almagro, el viento también se relaciona con las partículas de polvo o arena que contenga.

La presencia de vegetación funciona como filtro para la contaminación atmosférica y barrera ante la velocidad del viento, además de generar sombra y bienestar psicológico. Un árbol puede disminuir la radiación directa, de manera fluctuante, así como la temperatura del aire circundante, entre 1°C a 2°C<sup>16</sup>. Además, el proceso de evapotranspiración implica mayor humedad en el ambiente<sup>17</sup>.

Finalmente, el parámetro de vestimenta, reduce el intercambio de calor; y el metabolismo, permite la disminución de la temperatura de confort, al cuerpo humano generar más calor<sup>18</sup>.

Destacamos también, el estudio del efecto del bosque urbano del Área Metropolitana de Mendoza realizado por Ruiz y Correa, que expone los beneficios de una verdadera ciudad oasis<sup>19</sup>. Si bien, la densidad vegetal se distribuye en los cañones urbanos de la ciudad, se define la disminución de temperatura ambiental en 3°C y un ahorro energético de hasta 30 por ciento en áreas residenciales simuladas, dependiendo de las especies escogidas y de la sombra generada. Establecemos aquí una potencial meta para Diego de Almagro como futura ciudad sustentable, que determine un crecimiento urbano basado en la vegetación, y que permita generar altos impactos económicos y sociales en base a la diversidad y eficiencia energética.



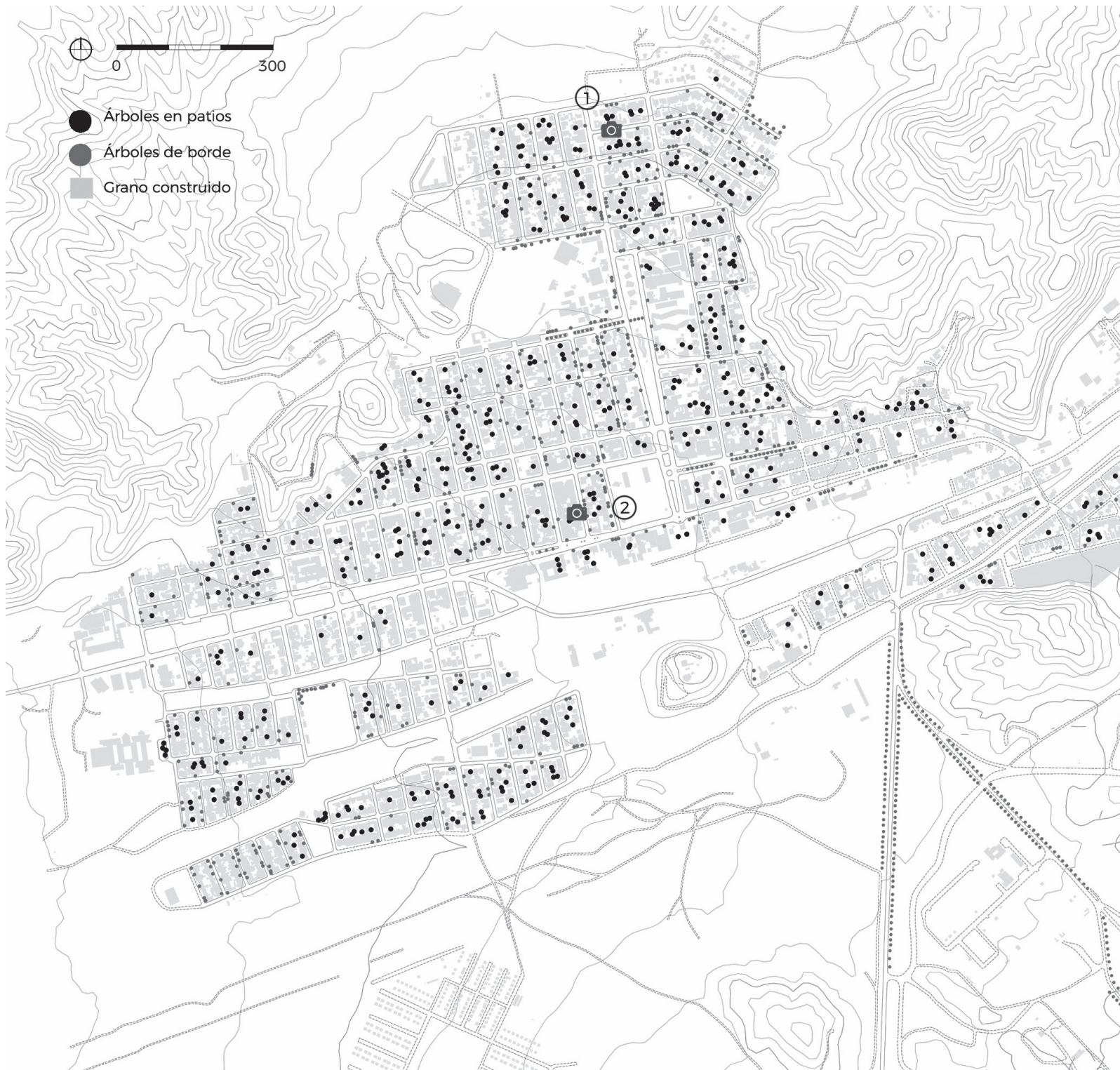


FIG.02: Mapeo de vegetación al interior del patio urbano. Se destacan algunos casos. Elaboración propia en base a planimetría del PPU UC e imágenes satelitales de Google Maps, 2018.



## RECONOCIENDO EL PATIO PRIVADO

Tras sólidas viviendas y precarios muros de lata, existen patios de diversas densidades vegetales, generalmente, invisibles para el transeúnte. La vegetación en conjunto, concentrada en el interior de la manzana urbana, tiene el potencial de contrarrestar las condiciones de alta radiación y contaminación atmosférica de la ciudad. Determina microclimas que benefician a la ciudad a mayor escala, y dan a entrever un potencial particular. No obstante, este 'pulmón' colectivo se encuentra fragmentado, pues los diferentes patios privados están aislados entre sí y desvinculados de su contexto.

El reconocimiento de este tipo de fenómenos urbanos es determinante para el desarrollo de la ciudad más allá de la imagen 'verde'. Bajo esta mira, buscamos definir: ¿De qué manera las características cuantitativas ambientales y cualitativas espaciales de los patios privados se traducen en oportunidades para el trazado de estrategias de diseño urbano sustentable?

Los patios, a pesar de ser posibles resultantes de la construcción residencial, tienen el potencial de evidenciar patrones de calidad espacial y ambiental para la habitabilidad del espacio exterior. La configuración de espacios vegetales de la menor escala urbana, tomando en cuenta su carga cultural, histórica y tradicional, permitirá determinar un adecuado crecimiento de la ciudad, a partir de estrategias de mitigación de las condiciones climáticas del desierto.

A través de la selección de casos representativos del loteo general de la ciudad y la identificación y comparación de sus patrones espaciales y sus niveles de confort exterior, se elabora un levantamiento detallado de aquellos casos que engloban 'buenas prácticas' arquitectónicas en el patio. Tras la comprensión integral espacial del mismo, se extrae una matriz espacio-ambiental del desglose de los elementos arquitectónicos existentes y su relación con estrategias de acondicionamiento para el confort exterior.

## METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Los primeros parámetros de selección son pertinentes a las manzanas que contienen estos bolsillos vegetales. Para ello, se toma en consideración la presencia de árboles cuya altura sobrepase el nivel de techo de la casa, así como la cercanía de espacios públicos, con el fin de comprender si éstos tienen algún impacto en el uso de los patios. La primera selección arroja siete participantes: Patricia Jeraldo, en Juan Manuel Balmaceda 710 (P1)<sup>20</sup>; Fernando Gallardo, en Chañaral 713 (P2)<sup>21</sup>; José Cortés, en Arturo Prat 704 (P3)<sup>22</sup>; Gladys Muñoz, en Francisco de Villagra 1201 (P4)<sup>23</sup>; Alexis Aracena en Melchor Bravo de Saravia (P5)<sup>24</sup>; Flora Ramírez, en Pedro de Valdivia 1203 (P6)<sup>25</sup>; y Yimar Araya Tapia, en Pedro Aguirre de Cerda 2309 (P7)<sup>26</sup>.



1. Argentina 1012. Fotografía propia.



2. José Manuel Balmaceda 713. Fotografía propia.



3. Los Ángeles 212. Fotografía propia.

	PATRICIA	FERNANDO	JOSÉ	GLADYS	ALEXIS	FLORA	YIMAR
TIPOLOGÍA PATIO	Lateral	Forma de 'L' Posterior	Posterior	Perimetral	Posterior	Forma de 'C'	Forma de 'L'
LOTE VS VACÍO	200 m <sup>2</sup>	196.4 m <sup>2</sup>	205 m <sup>2</sup>	246 m <sup>2</sup>	206 m <sup>2</sup>	238 m <sup>2</sup>	135 m <sup>2</sup>
MEDIANERO	52.5% patio	47.4% patio	28.9% patio	53.7% patio	11.4% patio	51.9% patio	60.3% patio
ACCESIBILIDAD	Sólido	Sólido	Sólido	Permeable	Sólido	Permeable	Permeable
MODO DE USO	- 1 Puerta - 3 Ventanas	- 3 Puertas - 4 Ventanas	- 2 Puerta - 3 Ventanas	- 3 Puertas - 6 Ventanas	- 1 Puerta - 3 Ventanas - 3 Puertas* - 2 Ventanas*	- 3 Puertas - 5 Ventanas	- 4 Puertas - 3 Ventanas
ESP. INTERMEDIO	Taller Tendedero Escombros	Quincho Jardines Tendedero	Tendedero	Antejardín Tendedero Corredor ext. Depósito	Tendedero Comedor*	Taller Jardines Tendedero Garaje	Antejardín Jardín Tendedero
CONTROL SOLAR	Trabajo 6.63 m <sup>2</sup>	Social 14.06 m <sup>2</sup>	-	Social 41.71 m <sup>2</sup>	Social* 10.22 m <sup>2</sup>	Trabajo 11.97 m <sup>2</sup>	Desahogo 32.89 m <sup>2</sup> (VER) 21.38 m <sup>2</sup> (INV)
% HRS CONFORT	Cubierta: Lata	Cubierta: Toldo sintético	Cubierta: Textil ligero	-	*Interior de la casa	Cubierta: Lata	Cubierta: Textil ligero
SENSACIÓN TÉRM.	23.9% (6hrs - 21hrs)	27% (6hrs - 21hrs)	17.8% (6hrs - 21hrs)	23.9% (6hrs - 21hrs)	13% (12hrs - 21hrs)	24.4% (6hrs - 21hrs)	18.3% (6hrs - 21hrs)
VENTILACIÓN	8/10	6/10	5/10	6/10	7/10	6/10	6/10
RADIACIÓN	4/10	5/10	4/10	4/10	2/10	3/10	1/10
T. SUP. CIERRES	992.2 W/m <sup>2</sup>  28.3 W/m <sup>2</sup> (Cubierta)	1031 W/m <sup>2</sup>  55.5 W/m <sup>2</sup> (Cubierta)	1079 W/m <sup>2</sup>  127 W/m <sup>2</sup> (Cubierta)	1009 W/m <sup>2</sup>  300 W/m <sup>2</sup> (Vegetación)	997.5 W/m <sup>2</sup>  28.7 W/m <sup>2</sup> (Interior)	991 W/m <sup>2</sup>  28.3 W/m <sup>2</sup> (Cubierta)	1088 W/m <sup>2</sup>  129 W/m <sup>2</sup> (Cubierta)
VEGETACIÓN	Concreto: 34.9°C Lata: 42.2°C	Concreto: 26.3°C	Concreto: 44.9°C Lata: 33.3 °C	Concreto: 47.9°C	Concreto: 32.5°C	Membrillo, Uva, Madarina, Olivos Palmera, Damasco, Higuera, Aloe Vera	Granada, Peral, Parra, Aromo
	-	Peral Granada Otros Frutales Ornamentales	Molle Aloe Vera	Granada, Ficus, Aloe Vera Espino, Laurel	Plantitas ornamentales chicas	Concreto: 46.9°C Madera: 30.4°C	Concreto: 27.2°C Lata: 35.4°C

FIG. 03: Fichas técnicas de los patrones espaciales y ambientales de los 7 casos preseleccionados. Elaboración propia, 2018.



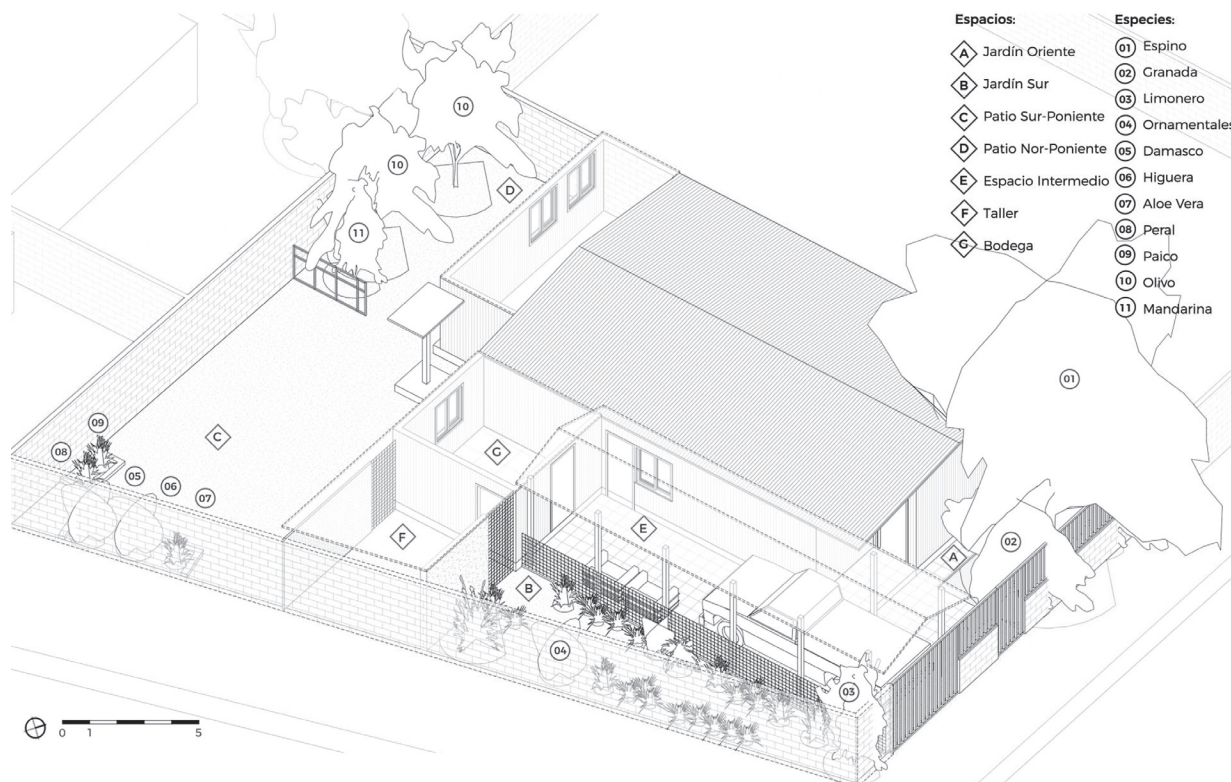


FIG. 04: Levantamiento axonométrico del caso 02, Flora Ramírez. Elaboración propia, 2018.

Definimos el patio como objeto de estudio, desglosando su caracterización en aspectos espaciales (morfología, función y semiótica) y ambientales. Los aspectos morfológicos se refieren a todo aquello que implique composición espacial, como la volumetría, las alturas de los elementos, la superficie del vacío y la orientación de éste y el volumen construido. Los aspectos funcionales se refieren al modo de uso del patio en su totalidad, destacando la presencia de espacios intermedios. Se definen los aspectos semiológicos como aquellas características que impliquen un lenguaje, ya sea material, de aberturas, accesos, tecnología constructiva y presencia vegetal. Por último, se establecen parámetros de la recolección de datos de confort, que den evidencia de las consecuencias ambientales del espacio arquitectónico, como entrevistas y encuestas, medición de temperatura y humedad relativa, medición de radiación solar y toma de temperaturas superficiales.

Los resultados del levantamiento y recolección de datos son analizados en términos de calidad espacial y nivel de confort, con el fin de seleccionar casos con 'buenas prácticas'. Se consideran como condiciones ideales espaciales, aquellas de mayor diversidad formal en la tipología del patio, con la mayor cantidad de medianeros permeables, mayor presencia de aberturas que privilegien la ventilación, la mayor presencia de funciones de carácter social, laboral o vegetal y, por último, la naturaleza de los espacios intermedios, donde la flexibilidad de uso por temporadas predomina. En términos ambientales, se

evalúan: materialidad de los cerramientos (cubiertas y deslindes), un porcentaje de horas de confort por sobre el 50 por ciento, una sensación térmica subjetiva por debajo de 5, sensación de frescura por encima de 5, la disminución de la radiación del 90 por ciento y la presencia de árboles o especies vegetales xerófitas, es decir, propia de climas cálidos o desérticos [FIG. 03].

Se seleccionan tres casos particulares para ser analizados a mayor profundidad. Estos son: el patio de Fernando Gallardo (P2), Flora Ramírez (P6) y Yimar Araya Tapia (P7)<sup>27</sup>.

Se elabora una proyección axonométrica del patio a partir del levantamiento arquitectónico. Se detallan los materiales, se determinan sus componentes espaciales y se destacan las especies vegetales presentes [FIG. 04].

A partir de la toma de datos de temperatura y humedad del ambiente en el transcurso de un día completo, se elabora un ábaco psicrométrico<sup>28</sup> para cada caso, así como un gráfico del tiempo en que el espacio se ubica dentro del rango de confort. Se toman mediciones de radiación en horas de la tarde y temperaturas superficiales de los muros expuestos a asoleamiento directo<sup>29</sup> [FIG. 05].

Estas dos categorías de análisis luego se cruzan con el fin de determinar las consecuencias ambientales de la configuración espacial de cada patio. Asimismo, se analizan las sombras proyectadas en el patio a lo

largo del año y se determinan algunas hipótesis sobre el posible comportamiento integral higrotérmico del patio para las temporadas del invierno y verano.

## EL ESPACIO Y EL AMBIENTE SE RELACIONAN

A pesar de ubicarse en la misma ciudad y enfrentarse al mismo clima, el ambiente propio de cada uno de los patios analizado es particular. Esto implica que la arquitectura interviene el ambiente creando condiciones más o menos favorables. Determinaremos, entonces, aquellas características espaciales que permiten acondicionar el patio, a partir de la comparación de los ábacos psicrométricos<sup>30</sup> de los casos profundizados [FIG. 06].

En una primera instancia, cabe destacar que en los tres casos, la presencia de vegetación impacta el espacio, tanto por su sombra como por el proceso de evapotranspiración. Sin embargo, las consecuencias ambientales, en términos de humedad, de las plantas están sujetas a sus diversas alturas, densidades y características según especies [FIG. 07].

Las diferentes orientaciones de los patios tienen altos impactos sobre el ambiente. A las 9AM, la ubicación al norte de Fernando y la suroriente de Flora, garantizan mayores ganancias solares que la orientación poniente de Yimar, en la que la vivienda genera sombra sobre el patio.

Entre las 10AM y la 1PM, todos los casos requieren ganancias internas<sup>31</sup> para para el acondicionamiento del

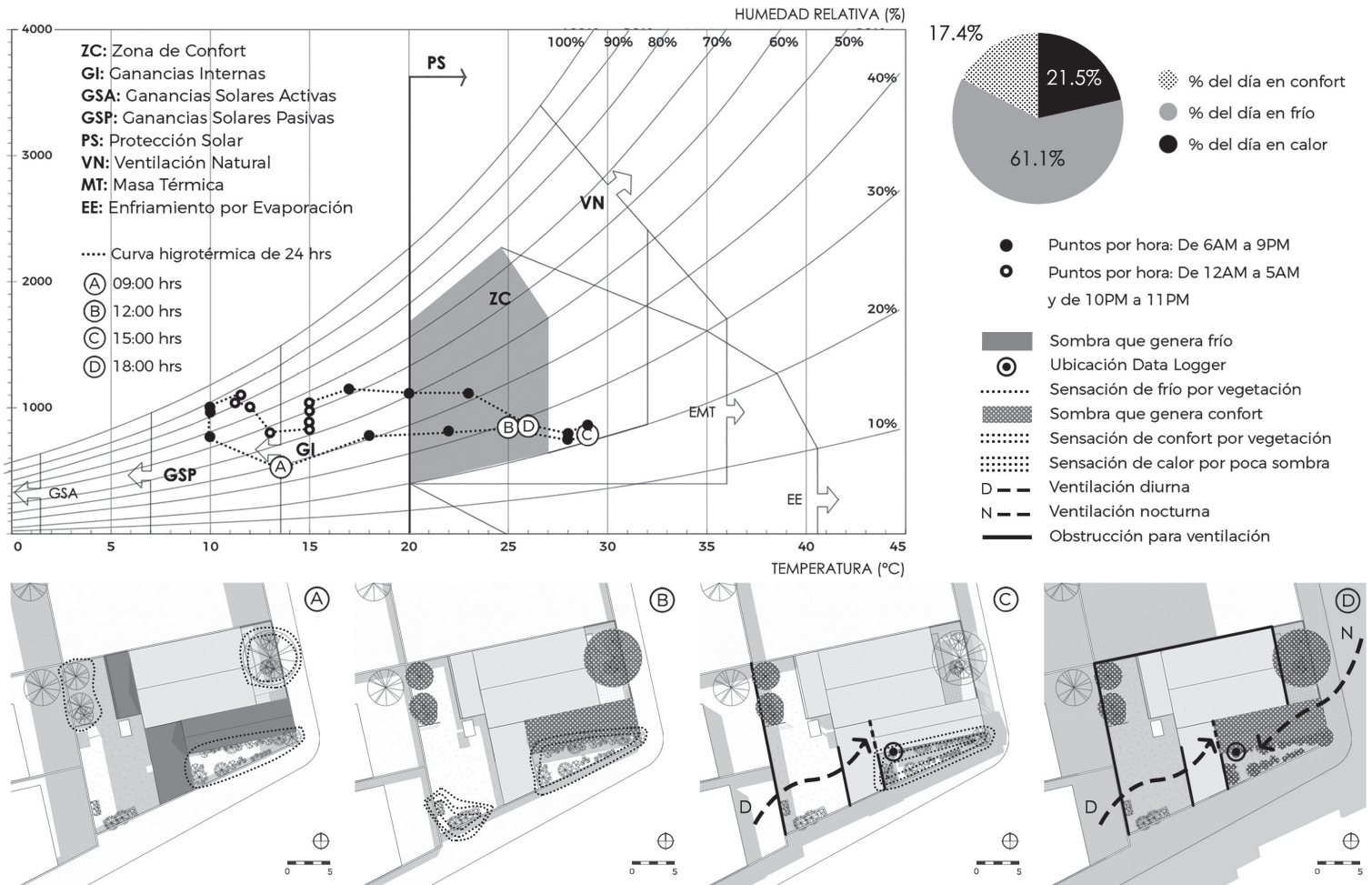


FIG. 05: Ábaco psicrométrico con datos levantados durante 24 horas (marzo 2017), sobre estrategias de acondicionamiento, gráfico de porcentaje de horas confort y plantas de sombra del caso 02, Flora Ramírez, destacando algunos elementos espaciales responsables de las condiciones ambientales resultantes en el patio. Elaboración propia, 2018.

espacio habitable. Sin embargo, a las 12PM, todos los casos se ubican en el rango de confort, principalmente por efecto de las cubiertas, que logran disminuir la radiación solar a un 88-95 por ciento<sup>32</sup>. Ahora bien, éstas son de materiales y alturas diferentes. En el caso de Flora, la cubierta, a pesar de ubicarse a 3 metros de altura, es metálica y al recibir radiación directa del sol, se calienta y seca el aire debajo de ella. Esto nos indica la relevancia de los materiales utilizados en los cerramientos horizontales, ya que la efectividad de la vegetación presente puede verse disminuida por el comportamiento térmico de la cubierta.

A las 3PM todos los casos se encuentran fuera del rango de confort. En estas circunstancias, el espacio debe ser ventilado de forma natural para permitir el proceso de convección. No obstante, la disposición de la trama urbana no considera la dirección de los vientos predominantes, además de generalmente presentar muros medianeros sólidos entre los lotes. Esto señala que la permeabilidad de los cerramientos del patio y la apertura entre diferentes zonas del mismo, también son relevantes para la habitabilidad del espacio exterior.

A lo largo de la tarde, los tres casos regresan al rango de confort a diferentes ritmos donde, a partir de las 6PM, tanto el caso de Fernando como el de Yimar, se ven afectados por el movimiento del sol al finalizar el día, en sus orientaciones norte y poniente, respectivamente. No obstante, la vegetación en el caso de Yimar es de mayor altura y frondosidad, bajando un poco la temperatura a través de humedad y sombra. Destacamos ahora, la relevancia de la versatilidad en la forma de herradura del patio de Flora. Su tipología no sólo permite el aprovechamiento de diferentes orientaciones, sino que da cuenta de su potencial temporal, al presentar áreas norte y poniente para las ganancias solares en invierno, y zonas sur y oriente para menor incidencia solar en el verano.

Finalmente, podemos determinar que la arquitectura del patio se relaciona directa o indirectamente con algunas estrategias de acondicionamiento del espacio exterior. Estas relaciones se despliegan para dar una respuesta espacial a una estrategia de confort específica.

## TIPOLOGÍA DEL PATIO

El clima en Diego de Almagro presenta una amplia diferencia de temperaturas a lo largo del día y entre temporadas<sup>33</sup>. Esto implica necesidades de acondicionamiento contrastantes, sino opuestas, para el correcto funcionamiento del patio. La tipología en 'L', como se observa en el caso de Yimar, permite zonificar el patio para temporadas diferentes, garantizando su ganancia solar en invierno y protección solar en verano. La tipología en 'C', del caso de estudio de Flora, además de su calidad temporal, tiene mayor impacto en la ventilación del lote, ya que permite que corra el viento en sus direcciones sureste (día) y noroeste (noche). La tipología casi rectangular del patio de Fernando, presenta beneficios limitados en comparación con los anteriores, sin embargo es común en el loteo general de la estructura urbana. Por su poca versatilidad formal, el correcto funcionamiento de este tipo de patio está sujeto, completamente, a su acertada orientación.

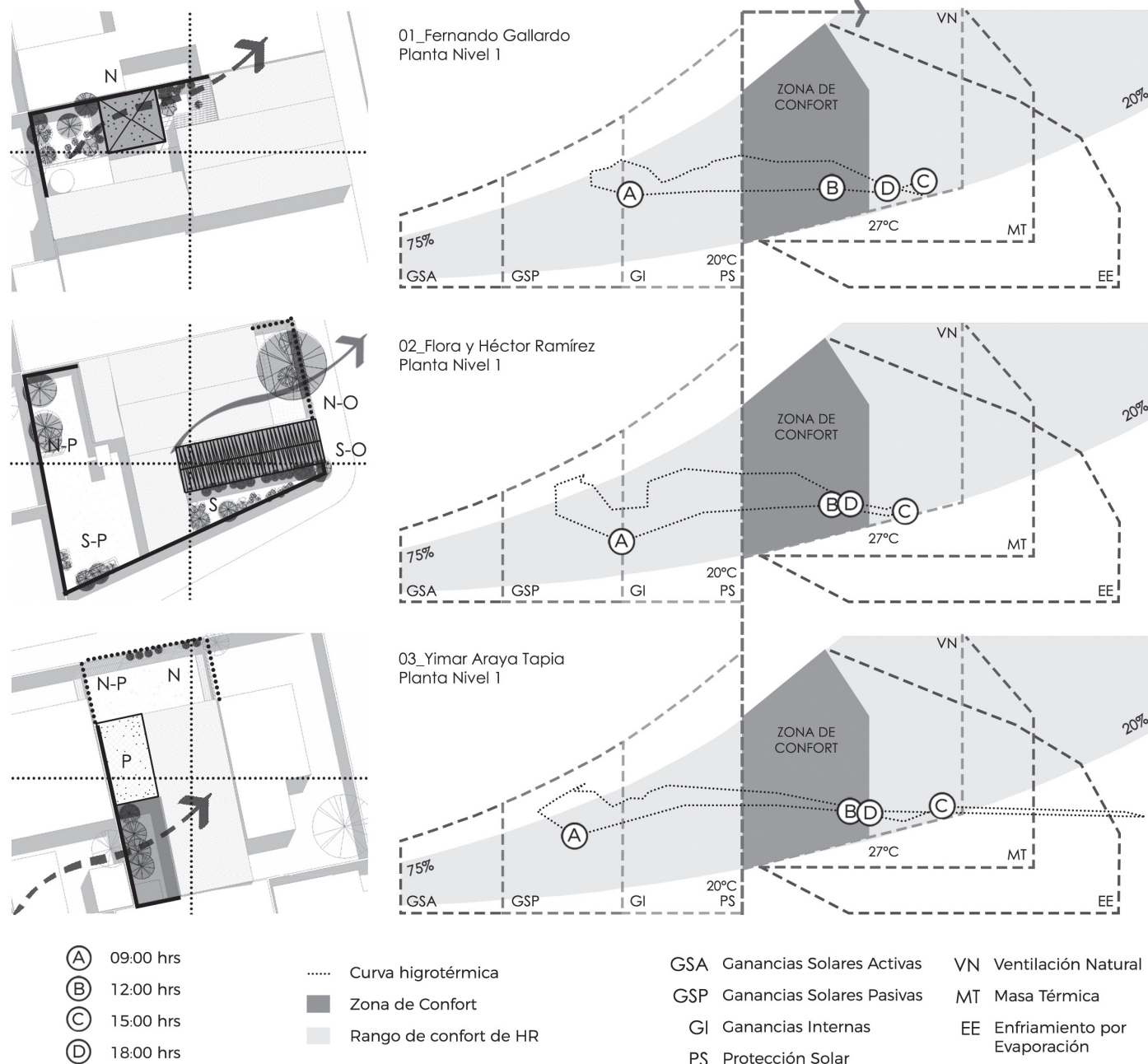


FIG. 06: Esquema comparativo de los ábacos psicrométricos de los 3 casos profundizados, para la comparación datos medidos de temperatura y humedad relativa, superpuestos con las estrategias de acondicionamiento para el confort del espacio exterior. Elaboración propia en base al cuadro psicrométrico de Givoni (1979), 2018.

### ORIENTACIÓN DEL PATIO

Los 3 casos analizados presentan una parte de patio en la orientación norte, con vegetación o sin ésta. En particular, el caso de Flora presenta la mayor diversidad de orientaciones, no obstante, al ubicarse al sur de la vivienda el espacio habitable del patio presenta pocas ganancias solares en invierno y se encuentra vulnerable al sobrecalentamiento en verano<sup>34</sup>. La orientación poniente es aquella que presenta menor flexibilidad, pues implica altas ganancias solares por radiación directa durante todo el año. Si bien esto es considera-

do ideal en invierno, puede ser contraproducente para el verano y las temporadas intermedias. Comprendemos entonces, que la zonificación del patio según las actividades que alberga y las condiciones de sol o sombra que requiera cada zona, indicará su orientación adecuada, así como la permeabilidad necesaria para sus cerramientos horizontales o verticales.

### MODO DE USO

Partimos entendiendo que el espacio exterior no mantiene la energía, como sucede en un recinto

contenido, no obstante, el mayor uso del espacio implica mayores temperaturas, pues toda actividad física genera energía. La actividad sedentaria genera 130W por persona, mientras que el esfuerzo físico ligero, como caminar o hacer limpieza, genera cerca de 235W por persona<sup>35</sup>. Así mismo, la vegetación tiene el impacto inverso a las actividades de laburo físico o maquinaria. A través de la evapotranspiración, las plantas inyectan humedad al aire, lo que permite disminuir la sensación de calor.



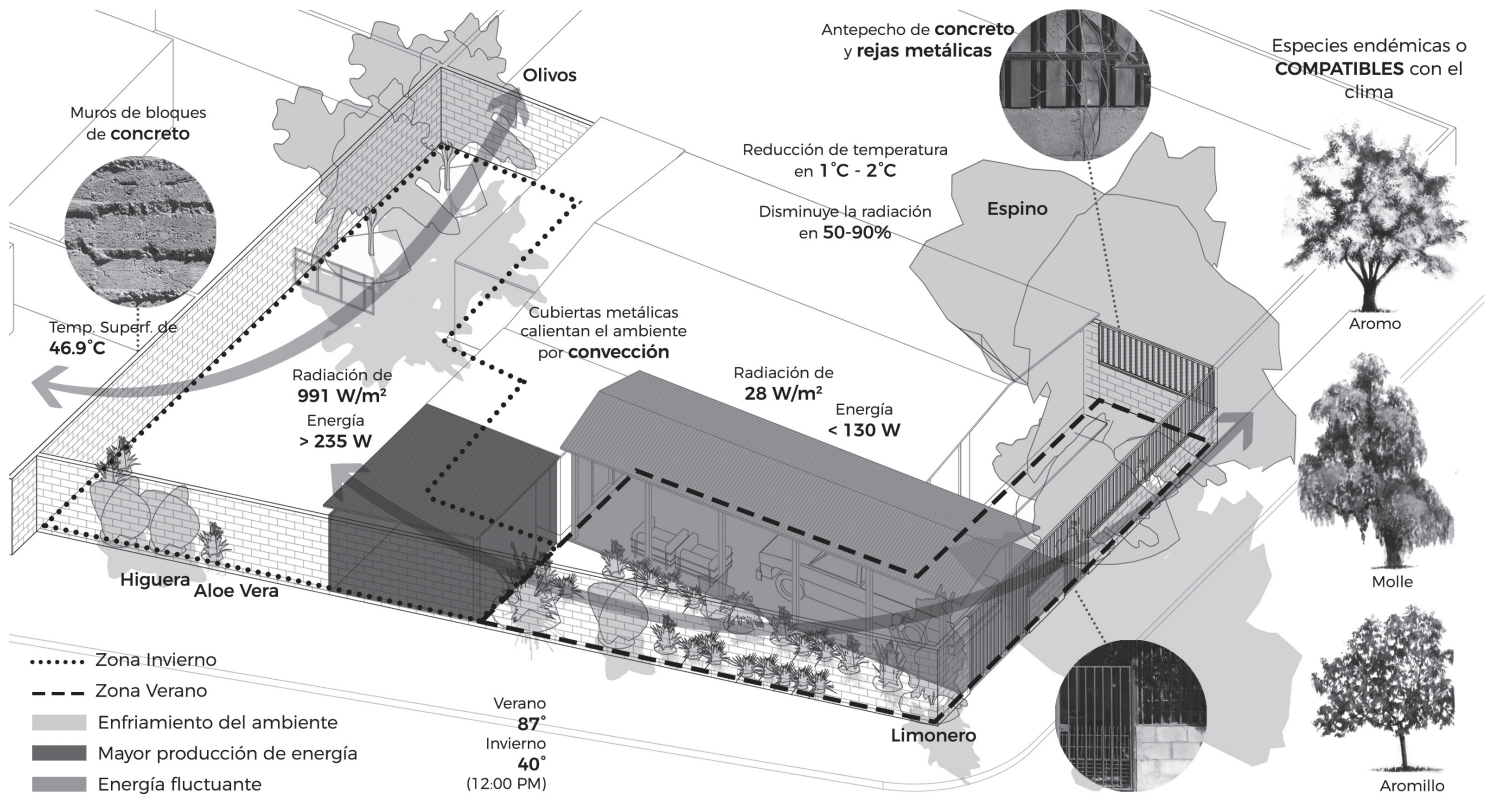


FIG. 07: Síntesis gráfica de las diferentes estrategias de diseño para el patio, en base al caso de estudio de Flora Ramírez. Se destacan la tipología versátil, los diferentes modos de uso, cerramientos ideales, datos de control ambiental y algunas recomendaciones de vegetación. Elaboración propia, 2018.

## CUBIERTA

La cubierta es un elemento de control solar particular de la cultura de Atacama, por las diferentes configuraciones de sombra que otorga, así como la disminución de la radiación solar directa. Una cubierta de toldo sintético, como en el caso de Fernando, reduce la radiación de 1031 W/m<sup>2</sup> a 55.55 W/m<sup>2</sup>. La cubierta de textil ligero del caso de Yimar, disminuye la incidencia solar de 1088 W/m<sup>2</sup> a 129 W/m<sup>2</sup>. Un elemento más sólido, como la lata, disminuye 991 W/m<sup>2</sup> a 28.3 W/m<sup>2</sup>, sin embargo, implica mayor temperatura radiante.

Destacamos que la ciudad se desarrolla primordialmente en un nivel, por lo que la trama urbana afecta la forma en que el viento penetra, o no, los lotes. En estos términos, la cubierta, a una altura superior a los cerramientos que contienen el patio, permite el paso del viento en ambas direcciones, garantizando su ventilación natural. Así mismo, bajo el concepto de temporalidad, una cubierta comprendida por la sucesión de elementos horizontales, podría contemplar los ángulos solares de la ciudad<sup>36</sup> para resolver diferentes temporadas con una sola solución arquitectónica.

## EL MEDIANERO

Generalmente, la trama de la ciudad encierra el lote en un perímetro de muros sólidos. Esta

configuración del medianero permite cierta protección solar dependiendo de su orientación. Entendiendo también que el viento tiene una dirección específica en el día y otra en la noche<sup>37</sup>, la apertura óptima de los deslindes es aquella que permite la ventilación de la trama urbana en general, desde la calle y de lote a lote, involucrando la manzana completa. Así mismo, existe el factor de contaminación atmosférica que afecta a todos los casos revisados en esta investigación<sup>38</sup>. Por ello, como estrategia de mitigación inmediata, el detalle del diseño del medianero puede contemplarse como un dispositivo a modo de pequeño atrapapolvo.

## MATERIALES

Los tres casos revisados presentan materiales similares, como muros de bloques de hormigón y deslindes en madera, baldosas cerámicas en pisos, cubiertas de lona o textil, y láminas metálicas. Consideramos que, sobretudo en los elementos horizontales que reciben radiación directa, la emisión infrarroja de los materiales es particularmente relevante<sup>39</sup>. En el caso de Flora Ramírez, se registra 992 W/m<sup>2</sup> de incidencia solar, y en ese momento determinado, su muro medianero de hormigón, presentó hasta 47°C al sol directo. Entendemos, entonces, que materiales de mayor emitancia infrarroja resultan en menor calor entregado al ambiente.

El color también es determinante de la cantidad de calor que una superficie puede irradiar, así como la cantidad de luz que pueda reflejar. Los tres casos estudiados presentan en su mayoría colores claros de mejor comportamiento térmico, pero que causan deslumbramiento. En Diego de Almagro, el control solar es la estrategia de mayor prioridad, por lo que la presencia de cubiertas y vegetación que determinen áreas sombreadas, permitirá mayor flexibilidad en la elección de materiales.

## VEGETACIÓN

La existencia de huertos es la primordial carga cultural que hereda Diego de Almagro, y se presentan actualmente como jardines, plantados y regados por la comunidad misma. No obstante, la selección de especies es generalmente irresponsable con los escasos recursos hídricos, requiriendo riego constante.

El patio de Fernando, sólo presenta una especie compatible con el clima desértico, mientras el de Flora presenta varias especies xerófitas y, en el caso de Yimar, la única especie compatible es aloe vera. El molle o pimiento y el aromillo, son dos especies xerófitas recomendables por su baja exigencia en cuanto a suelo y alta tolerancia a la sequía, además de ser especies comunes en Diego de Almagro.

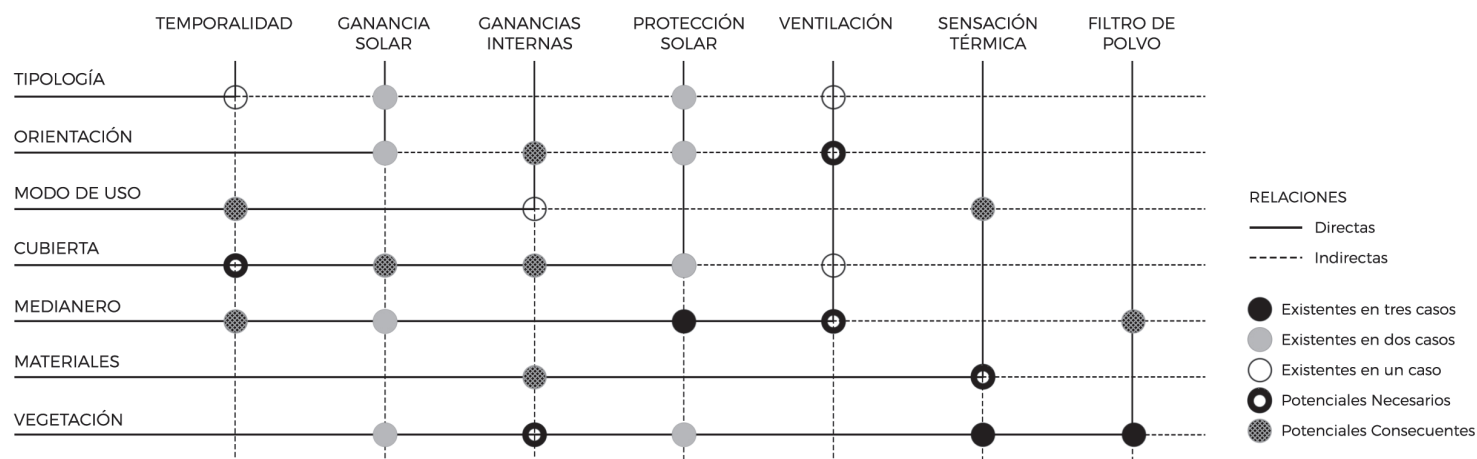


FIG. 08: Matriz de relación entre los elementos espaciales detectados y las estrategias de acondicionamiento para el confort del espacio exterior. Se diferencian las intersecciones cuando existen en uno, dos o los tres casos estudio, y señalan aquellos potenciales necesarios que no existen actualmente y otros consecuentes. Elaboración propia, 2018.

## CONCLUSIONES

El clima nos ofrece las primeras claves a las que el patio se enfrenta como espacio funcional. Éste, como correcta respuesta arquitectónica, está sujeto a la comprensión del lugar en el que se inserta, y a la manera en que impacta el ambiente intervenido, comprendiendo que su calidad integral se evidencia cuando las condiciones ambientales resultantes permiten el confort de las personas. Al relacionar las estrategias de acondicionamiento pasivo con elementos arquitectónicos presentes en el patio, definimos respuestas concretamente espaciales que puedan funcionar para el control ambiental del espacio exterior [FIG. 08].

La tipología formal aspira a la optimización del vacío, a través de la asignación de funciones específicas para cada retiro, entendiendo, sin embargo, que la forma particular del patio tiene alcances limitados por sí misma. La correcta exposición solar es clave y está sujeta a la versatilidad o diversidad en la orientación de los espacios. Igualmente, la diversidad equilibrada en usos en el patio garantiza flexibilidad funcional y su correcto acondicionamiento. El uso de jardín o huerto permite bajar la temperatura, así como funciones de mayor esfuerzo permiten aumentar las temperaturas en instancias frías.

Ante la alta radiación directa en la ciudad y su geometría solar, definimos la cubierta como elemento vital para la habitabilidad del espacio exterior. Tiene el potencial de responder con sombra y permitir soleamiento directo a través de una configuración tamizada. La permeabilidad de los muros medianeros, como elementos verticales, es especialmente relevante por su potencial de facilitar la ventilación general urbana, mejorar la calidad del aire y crear un sentido más amplio de comunidad.

Los materiales se comportan como amplificadores o reductores de las condiciones ambientales, puesto que sus propiedades físicas determinan el porcentaje de calor que los elementos arquitectónicos entregan al espacio exterior. El color juega un rol vital en el comportamiento de los cerramientos, en cuanto a su emitancia infrarroja y su capacidad de reflejar luz.

La vegetación presenta altos beneficios a lo largo de diversos aspectos de control climático. Así mismo, comprendemos que existe un esfuerzo sustancial por parte de la comunidad para generar y mantener un paisaje propio en sus viviendas. Sin embargo, ante reducidos recursos hídricos, es importante que la vegetación considerada sea compatible con el clima de la ciudad.

Para concluir, entendemos que identificar las necesidades de habitabilidad del espacio, se traduce en operaciones de diseño versátiles y la comprensión de este proceso como ordenador de la ciudad, permitirá obtener un verdadero equilibrio para el diseño del ambiente vivo, habitable y sustentable. De la misma forma, la ciudad se interrelaciona con las partes que la componen, a lo largo de todas sus escalas. En estos términos, si cada lote presenta un patio y, dentro de ellos existe un árbol o un parche de jardín, la vegetación en conjunto implicaría otros impactos sobre la ciudad. Retomando la definición de espacios intermedios de Kapstein<sup>40</sup>, si designamos el patio como el espacio interior, en su configuración privada, y los vacíos en la trama urbana (espacios públicos) como el exterior, podemos determinar un eslabón intermedio, que en la actualidad de Diego de Almagro no existe, pero tiene todo el potencial de desarrollarse en el interior de las manzanas.

El loteo general de la ciudad, determina la mayor superficie vacía hacia el fondo de los predios. He

allí nuestros patios. La agrupación de patios a modo de corredores vegetales al interior de las manzanas, podría significar un alto impacto en la calidad del aire y en el control de temperaturas urbanas a lo largo del año. Diseñado en base a las calidades espaciales y consideraciones ambientales descubiertas en el patio privado, el inevitable crecimiento urbano de Diego de Almagro, a partir de estos corredores, permitiría materializar su potencial sustentable. A través de la creación de un gran pulmón urbano, disperso entre las viviendas y extendido en el territorio, determinaría un microclima específico para la ciudad, permitiendo mitigar fenómenos como el 'Efecto Isla Calor' a partir del patio. Es importante destacar, sin embargo, que la ciudad desértica por lo general tiene una relación mucho más delicada y compleja con sus recursos hídricos, por sus altos niveles de evaporación como consecuencia de sus altas temperaturas y pocas precipitaciones. Entendemos que, si bien para efectos de esta investigación no se realiza un recuento de consumo o uso de agua en los patios analizados, esta variable no podría omitirse al plantear un crecimiento urbano que considera masa vegetal en su proceso de desarrollo.

Por último, diversos instrumentos informativos para el desarrollo de la construcción residencial en la ciudad, a partir de manuales de 'buenas prácticas' para la instrucción de la comunidad y su consideración para el futuro desarrollo de planes normativos, podría impulsar otros estudios de mayor profundidad sobre los efectos e impactos ambientales de la forestación de la ciudad desértica con un elemento de pequeña escala. Eventualmente, el patio como patrón de diseño urbano, podría convertirse en un elemento de partida para la definición de un nuevo modelo urbano de 'oasis' en el desierto.



#### NOTAS

1. La ciudad se ubica en la macroforma geológica denominada Pampa Ondulada Austral. Su entorno inmediato, compuesto por el cordón montañoso del litoral y la cordillera de Domeyko, impiden el paso de nubosidad, y por lo tanto la ciudad presente una precipitación cercana a 13 mm anuales.

2. PLANES Y PROYECTOS URBANOS (Ex-Observatorio de Ciudades UC). *Programa de Reactivación Urbana y Productiva Sustentable de Atacama, Corredor Solar*. Informe 3. (Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016).

3. Comprende la habilitación de una línea de ferrocarril directa entre Argentina y la costa chilena, pasando por Diego de Almagro.

4. ALEXANDER, Christopher. *The Timeless Way of Building*. (Nueva York: Oxford University Press, 1979).
5. Su definición es compleja, ya que implica todo aquello que es vivo, integral y exacto, y que por lo tanto, resulta en espacios saludables, completos y auto conservadores.
6. KAPSTEIN, Glenda. *Espacios Intermedios: Respuesta Arquitectónica al Medio Ambiente*. (Santiago: Universidad del Norte Fundación Andes, 1988).
7. PALMER, Montserrat, VERGARA, Francisco. *El Lote 9X18: La Encrucijada Habitacional de Hoy*. (Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Arquitectura y Bellas Artes, 1990).
8. BUSTAMANTE, Waldo. *Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social*. (Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009), 37.
9. D'ALENCON, Renato, KRAMM, Felipe. *Acondicionamientos: Arquitectura y Técnica*. (Santiago: Ediciones ARQ, 2008), 29.
10. GÓMEZ, Nersa, HIGUERAS, Ester, ROJAS, Axa. "Parámetros (PS) sostenibles en el planeamiento y diseño ambiental del espacio microurbano". En Actas del 4° Congreso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável (Faro: PLURIS, 2010).
11. Este fenómeno se define como el traslado de calor de un punto a otro a través de un fluido. En D'ALENCON, KRAMM. *Acondicionamientos: Arquitectura y Técnica...*, 52.
12. Cabe destacar que el rango de temperatura indica los 20°C como el valor mínimo aceptable en invierno, y los 27°C como valor máximo en verano. En BUSTAMANTE, Waldo. *Guía de Diseño para la Eficiencia...*, 39.
13. D'ALENCON, KRAMM. *Acondicionamientos: Arquitectura y Técnica...*, 52.
14. *Ibíd.*
15. BUSTAMANTE, Waldo. *Guía de Diseño para la Eficiencia...*, 39.
16. GÓMEZ, Nersa, HIGUERAS, Ester, ROJAS, Axa. "Parámetros (PS) sostenibles en el planeamiento..."
17. Es el agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas.
18. Para efectos de esta investigación, estos factores se limitan a encuestas subjetivas de sensación térmica de los usuarios del patio en cada caso de estudio. En BUSTAMANTE, Waldo. *Guía de Diseño para la Eficiencia...*, 38.
19. RUIZ, M., CORREA, E. N. *Esquemas Urbano- Forestales en una "Ciudad Oasis" de Zona Árida: Mendoza*. (Argentina: Instituto del Ambiente, Hábitat y Energía. Informes de la construcción, 2018).
20. Su vivienda, originalmente de adobe fue destruida por el aluvión del año 2015, y la edificación actual fue construida por la Municipalidad. Su patio está desprovisto de vegetación y gran parte está destinado a depósito de escombros de su residencia anterior y autos en desuso.
21. Justo frente la Plaza de Armas de la ciudad, su patio contempla dos parches vegetales de árboles frutales sembrados por la familia. Su vivienda es el único caso seleccionado que presenta dos niveles.
22. Un alto molle, plantado allí antes de la compra de la casa, permanece a pesar de afectar el sistema de desagüe del lote. Esta vivienda particularmente, presenta un muro de dos niveles en su deslinde sur, y una construcción vecina de también dos niveles al oriente.
23. El primer patio de forma irregular, contando con antejardín, corredor lateral y área posterior. La construcción está fragmentada, comprendida por la vivienda principal y un posterior anexo.
24. Su patio es seco, pero más pequeño. En este caso existe un comedor adyacente al patio que hace de espacio intermedio, a pesar de estar dentro de la vivienda.
25. Un taller fragmenta el espacio vacío cuya forma original era en 'C', y presenta tres diferentes configuraciones vegetales: el antejardín, un jardín lateral, y un área posterior, plantada en una sección y seca en otra.
26. También dividido por un espacio de lavandería, en su configuración en 'L', es el único caso en el que el patio es utilizado como espacio de desahogo a lo largo del año.
27. En adelante referidos como caso 01 para Fernando Gallardo, caso 02 para Flora Ramírez y caso 03 para Yimar Araya Tapia.
28. Relaciona múltiples datos de temperatura, humedad absoluta, humedad relativa, donde ésta se representa por curvas. Este diagrama cambia según la latitud de un lugar con respecto al nivel del mar. En D'ALENCON, KRAMM. *Acondicionamientos: Arquitectura y Técnica...*, 31.
29. Las mediciones de la investigación se elaboran en una temporada intermedia, de otoño, por lo que el rango de confort se toma en los extremos de 20°C y 27°C.
30. Se definen las horas útiles del día entre las 6AM y las 9PM, y se desglosan las estrategias pertinentes al acondicionamiento del espacio, destacando el rango de confort.
31. Para el espacio exterior la 'ganancia interna' se considera como la energía que se genera en el patio por uso del mismo, por efecto de la actividad humana u otra.
32. En el caso de Fernando, la radiación disminuye en un 94.6 por ciento; en el caso de Flora, en un 97.1 por ciento; y en el caso de Yimar, en un 88.1 por ciento.
33. Donde la temperatura mínima en invierno es menor a los 8°C y la máxima en verano es más de 25°C. En PLANES Y PROYECTOS URBANOS. *Programa de Reactivación Urbana...*, 42.
34. El sol, al poseer un ángulo de azymut entre los 90° y 260°, se encuentra ligeramente inclinado al sur ([www.sunearthtools.com](http://www.sunearthtools.com)). La carta solar de Diego de Almagro indica que entre las 6AM y las 9AM del solsticio de verano, el azymut está entre 109° y 94°, mientras que entre las 2PM y 6PM, este ángulo se encuentra entre los 267° y 246°.
35. ASHRAE Handbook: Fundamentals. (Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001).
36. El sol presenta su menor altura a 40° del suelo en invierno y la mayor de 87° durante verano. Es importante resaltar que estos ángulos solares son particulares con respecto al norte, es decir que las lamas que comprendan una pérgola deben ser perpendiculares a esta orientación para su correcto funcionamiento. En BENTON, Charles. *Solar Calculator. Month Version*. (San Francisco: Pacific Energy Center, PG&E, 1993).
37. Durante el día la dirección del viento es en sentido sur-este, proveniente de la costa, mientras que en la noche, su dirección es nor-oeste, por efecto de la cordillera.
38. Esto se debe a los depósitos de sedimentos provenientes de la minería y los residuos del aluvión de 2015, que son arrastrados hacia la ciudad por efecto del cambio de dirección del viento.
39. Ésta se refiere a la capacidad que tiene una superficie de liberar el calor absorbido por un material, a partir de radiación infrarroja. Esto implica que a menor emitancia infrarroja, se libera más calor, traducándose en mayores temperaturas superficiales. En ALCHAPAR, Noelia Liliana, CORREA, Erica, CANTÓN, María Alicia. *Índice de Reflectancia Solar de Revestimientos Verticales*. (Porto Alegre: Asociación Nacional de Tecnología del Ambiente Construido, 2012), 109.
40. Denomina espacios de vínculo entre el programa interior de una vivienda y las condiciones exteriores en las que se ubica, dándoles el nombre de espacios intermedios. Los identifica como lugares existenciales, donde se da la vida. En KAPSTEIN, Glenda. *Espacios Intermedios...*, 59.