

00149



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

Variables climatológicas y su comportamiento en la vivienda de interés social en la ciudad de Culiacán, Sinaloa

TESIS

Que para obtener el grado de Maestro en Arquitectura

Campo de conocimiento: Tecnología

Presenta:

Juan Carlos Rojo Carrascal

México DF. Marzo de 2005



m. 341731



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO

DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSÉ DIEGO MORALES RAMÍREZ

PROPIETARIOS

M.C. FRANCISCO REYNA GÓMEZ

M.C. JORGE RANGEL DÁVALOS

SUPLENTE

M.C. JEANINE DA COSTA BISCHOFF

ARQ. HÉCTOR FERREIRO LEÓN

**A mis padres,
Mónica,
Frida y Sebastián**

Agradecimientos

A lo largo de todo el trayecto que significó realizar esta investigación -que por azares del destino se desarrolló en diversas etapas y se prolongó casi diez años-, muchas personas participaron directa o indirectamente para obtener los resultados que en ella expongo.

Agradezco a **Jesús Rojo**, mi padre, quien vio nacer este proyecto pero ya no pudo estar aquí físicamente para conocerlo terminado. A él, por haberme impulsado siempre a desarrollar cuanto inquietud me asaltaba, con la sola finalidad de formarme y aportar mis conocimientos en lo que pueda servir a la sociedad.

A **Victoria Carrascal**, mi madre, que siempre creyó y mostró su confianza en mí, gesto alentador para seguir de frente el camino. A ella y a mi padre les debo el coraje y la circunstancial causa de estar hoy aquí, generando propuestas para una tierra lejana y adoptiva para ellos y de mucho arraigo para mí.

A **Mónica**, mi esposa, que siempre ha estado junto a mí, en las buenas y en las malas, amortiguando situaciones críticas, creyendo en mí, alentándome en los momentos precisos y permitiéndome robarle mucho del tiempo que podría estar destinado a su compañía. Además, por ser una correctora constante y pertinaz, que siempre tuvo los medios y la disposición de corregir el estilo del texto y un poco más.

A **Frida y Sebastián**, por estar hoy aquí; ellos no estaban cuando este proyecto nació, y hoy se han convertido en una poderosa motivación para lograr cada una de mis metas, y además, por ser

también donadores de una valiosa parte de tiempo que a ellos les pertenecía.

A mi tutor, **Dr. Diego Morales**, por su conocimiento, su enseñanza y su impulso para orientarme hacia el tema del comportamiento térmico en los edificios y sus posibles soluciones.

A mis sinodales: **Maestro Francisco Reyna, Maestro Jorge Rancel, Maestra Jannine Da Costa y Arq. Héctor Ferreiro**, por guiarme, motivarme y mostrarme tanto camino por investigar.

Al **Dr. Jesús Aguirre Cárdenas**, quien no me dejó estar tranquilo con el pendiente de terminar esta investigación "ya tan iniciada".

A **Alba Nidia y José Arturo**, quienes en un sentido o en otro siempre mostraron disposición a participar y dedicaron tiempo y dedicación en alguna fase de este proyecto.

Al **Maestro Jorge Estrada**, director de la Facultad de Arquitectura de la UAS, por crearme las condiciones para concluir esta última etapa de la investigación.

A **Aristeo Angulo y Brenda Valdez**, de quienes tuve un valioso apoyo durante mis estancias en el D.F. para llevar a cabo esta investigación.

Al **Dr. Alejandro Ochoa**, por su apoyo permanente y su hospitalidad durante esta última etapa de mi trabajo.

Al **Ing. Rogelio Sánchez**, por su valiosa información del Laboratorio de Climatología de la Escuela de Biología de la UAS.

A la **bióloga Yamel Rubio**, por su apoyo como directora de la Escuela de Biología de la UAS.

A **Ania Cuestas, Gladis Mascareño, Mariana Landeros, Ricardo Mendoza, Sergio Valenzuela, Manuel Calderón (Manolo) y Armida Llamas**, cada uno está presente en el proceso de investigación, con su tiempo, ayuda e información.

A mis compañeros de la generación de la maestría, especialmente a **Lorena Canales y Bertha Noemí**, por no perderme la pista y haber colaborado sembrando los ánimos para terminar.

Mención especial merece todo el equipo desinteresado y emprendedor de colaboradores estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la UAS, muchos ya arquitectos activos, quienes en diversas etapas apoyaron la labor de recopilación de información, dibujo de planos y procesamiento de datos: **Raquel Iturbe, Adrián Ruiz, Vanesa Sánchez, Rocío Tapia, Rocío Morales, Rosy Flores, Gaby Jurado, Sandra Montoya, Laura Ojeda, Anabel Zamora** y muy en especial a **Maribel Prieto** –que en esta última etapa no descansó hasta ver terminada la investigación- al igual que **Julia Beltrán, Gilberto Pérez y Libna Montoya**, pues dieron siempre más, lo cual muestra que tienen el entusiasmo que se necesita en esta profesión para sobresalir.

Al rector de la Universidad Autónoma de Sinaloa, **Ing. Gómer Monárrez González**, quien me dio todo el apoyo que estuvo en sus manos para concluir la investigación.

A la **Lic. Jimena Iracheta**, directora del IMPLAN Culiacán, por facilitarme las condiciones para concluir esta tesis.

A la **Facultad de Arquitectura** y la Universidad Autónoma de Sinaloa, por ser las Instituciones formadoras e impulsoras de mi formación y mi desarrollo profesional.

Al Programa de Mejoramiento al profesorado (**PROMEP**), por el invaluable apoyo que me permitió terminar la investigación.

Al **Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura** de la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme cumplir con esta etapa de mi formación.

ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimientos

Introducción 2

CAPÍTULO PRIMERO

1. Análisis del sitio. Ciudad de Culiacán

1.1. Antecedentes Históricos 10

1.2. Demografía, política y economía 15

1.3. Aspectos Físicos 18

1.3.1. Orografía y suelos 19

1.3.2. Flora y fauna 20

1.3.3. Geometría solar 22

1.3.4. Clima 25

1.3.4.1. Método de análisis 26

1.3.4.2. Método de proceso para
obtener el día tipo 28

1.3.4.3. Comportamiento mensual 31

1.3.4.4. Temperatura 32

1.3.4.5. Humedad relativa 34

1.3.4.6. Índice de calor 35

1.3.4.7. Viento 37

1.3.4.8. Precipitación Pluvial 39

1.3.4.9. Comodidad térmica en Culiacán 42

1.3.4.10. Posibles escenarios climáticos
para la ciudad de Culiacán 44

CAPÍTULO SEGUNDO

2. Adecuación de la vivienda a los aspectos físicos ambientales de la ciudad de Culiacán

2.1. Antecedentes de la vivienda en la ciudad de
Culiacán 48

2.1.1. Era Prehispánica 48

2.1.2. Colonia 51

2.1.3. Porfiriato 56

2.1.4. Modernidad y arquitectura funcionalista 58

2.2. Vivienda contemporánea 66

2.2.1. Nivel socioeconómico bajo 66

2.2.2. Nivel socioeconómico medio 67

| | | | | | |
|-------------|---|----|-------------------------------|------------------|-----|
| 2.2.3. | Vernácula | 68 | 2.4.2.2. | Ventilación | 97 |
| 2.2.4. | Residencial | 69 | 2.4.2.3. | Protección solar | 98 |
| 2.2.5. | Interés social | 71 | 2.4.2.4. | Vegetación | 99 |
| 2.2.6. | Adecuación de la vivienda de interés social al medio | 73 | Conclusiones generales | | 104 |
| 2.3. | Patrones de diseño arquitectónico bioclimático para aplicarse en la ciudad de Culiacán | 76 | Bibliografía | | |
| 2.3.1. | Forma y orientación | 76 | Anexos | | |
| 2.3.2. | Ventilación | 79 | | | |
| 2.3.3. | Protección solar | 80 | | | |
| 2.3.3.1. | Orientación sur | 81 | | | |
| 2.3.3.2. | Orientación norte | 83 | | | |
| 2.3.3.3. | Orientación este y oeste | 84 | | | |
| 2.3.4. | Vegetación | 85 | | | |
| 2.3.5. | Ventilación inducida | 88 | | | |
| 2.3.6. | Colores | 88 | | | |
| 2.3.7. | Ventilación de materiales | 89 | | | |
| 2.3.8. | Humidificación | 91 | | | |
| 2.3.9. | Materiales | 91 | | | |
| 2.3.10. | Arquitectura sostenible | 92 | | | |
| 2.4. | Aplicación de patrones en la vivienda de Interés Social (dos casos específicos) | 95 | | | |
| 2.4.1. | Variantes para ambos casos | 95 | | | |
| 2.4.2. | Elementos comparativos | 97 | | | |
| 2.4.2.1. | Muros expuestos al Sol | 97 | | | |

An aerial photograph of a tropical town, likely in the Caribbean, showing numerous buildings with red-tiled roofs and lush green vegetation. In the background, a range of mountains is visible under a clear sky. The word "Introducción" is overlaid in a large, dark, sans-serif font at the bottom of the image.

Introducción

Introducción

“El funcionalismo arquitectónico y la preocupación por los espacios higiénicos provocaron el resurgimiento de la importancia que la orientación tiene en las edificaciones, a tal grado que en el documento del cuarto Congreso Mundial de Arquitectos (Carta de Atenas) el sol, la vegetación y el espacio son declaradas las tres materias primas del urbanismo. A partir de este movimiento es que se fomenta, en el ámbito de la arquitectura, el estudio de las condiciones ambientales, dentro de las que tiene gran relevancia la orientación. Surgirá toda una corriente arquitectónica que hoy en día llamamos Arquitectura Bioclimática.”¹

La arquitectura bioclimática o arquitectura adecuada al medio físico se manifiesta en diversas formas, prácticamente desde que el ser humano transforma el sitio donde establece su morada, ya sea permanente o provisional. Históricamente, ha modificado o creado su hábitat en función de sus necesidades ambientales, y en gran parte también por seguridad ante otras especies que le significaban serias amenazas a la supervivencia.

La vivienda es el espacio que el ser humano utiliza para el resguardo, descanso y una serie de actividades relacionadas con la actividad social que requiere para su propio desarrollo.

¹ Rodríguez Viqueira, Manuel. Introducción a la arquitectura bioclimática, Limusa Noriega Editores, 2001, México, D.F. p.32.

En Sinaloa, y particularmente en la región que hoy ocupa la ciudad de Culiacán, la vivienda o morada existía desde antes de la fundación de la Villa de San Miguel, en 1531. Los asentamientos humanos que existían ya formaban una población importante en las riberas de los ríos que hoy cruzan la ciudad de Culiacán.

Con la llegada de los españoles y la fundación de la Villa de San Miguel de Culiacán, la arquitectura existente -de manufactura indígena- comienza a ser desplazada por una arquitectura más

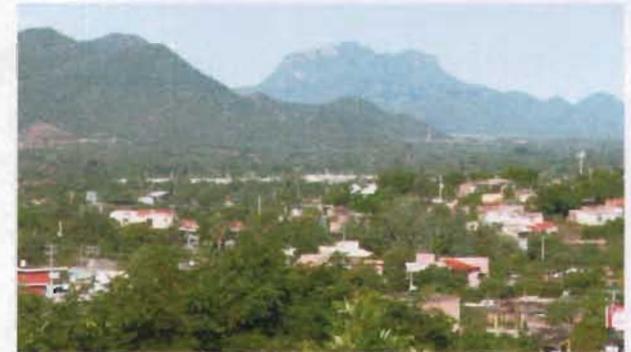


Imagen 1. Zona habitacional al norte de la ciudad de Culiacán. Fotografía Juan Carlos Rojo Carrascal

consolidada y con una clara y obvia influencia ibérica, con la cual los españoles trataron de imponer una nueva cultura en la región.

En cada construcción, previa o posterior a la fundación de la Villa de San Miguel, sea con características prehispánicas o ibéricas, los materiales generalmente se extrajeron de los abundantes recursos

naturales con los que la región contaba. Esto siempre permitió materializar construcciones adaptadas al medio físico y, por consiguiente, con pocas afectaciones al mismo y a sus habitantes.

La población nativa conocía las manifestaciones climáticas, sus ciclos y sus consecuencias, por ello se asentaba donde pudiera disponer del agua, como recurso vital, aunque sin correr peligro de inundaciones. La región manifestaba grandes contrastes en los



Imagen 2. Casa funcionalista en el Paseo Niños Héroes. La fachada acristalada está orientada al norte. JCRC

registros de humedad y de precipitación pluvial, lo que ocasionó la necesidad de delimitar el crecimiento urbano de acuerdo con los márgenes de desbordamiento de sus ríos.

Las incomodidades climáticas de la región han generado, por necesidad, el desarrollo de tipologías arquitectónicas que respondan a las altas temperaturas y altos índices de humedad en

el aire, ya que estas condiciones se presentan durante varios meses en el año.

Asimismo, las condiciones climáticas del valle de Culiacán han sido un factor importante para el desarrollo económico de la región. Los prolongados veranos propician una mejor producción agrícola, lo cual ha permitido que Culiacán se convierta en una próspera ciudad agroindustrial.

No obstante, el desarrollo agrícola se ha dado a costa de los recursos bióticos silvestres, como lo precisa Sicairos al referirse a la zona costera del estado de Sinaloa: "Posee una gran diversidad de recursos susceptibles de explotación, mismos que se han convertido en detonantes del desarrollo socioeconómico de la entidad: el tipo y calidad del suelo; la topografía y fisiografía de la planicie costera; el clima; los sistemas lagunar costero, estuarino, de humedales y la disponibilidad de los recursos hidrológicos, han permitido el establecimiento de actividades productivas entre las que destacan la agricultura tecnificada, acuicultura, ganadería, agroindustria y el desarrollo de asentamientos urbanos y turísticos, reduciendo los tipos de vegetación y flora, así como la fauna terrestre y acuática a pequeños relictos en áreas sumamente reducidas y sujetos a múltiples presiones que ponen en riesgo su continuidad"².

²Sicairos Abitia, Sergio, José S. Díaz, y Sergio Sánchez González. Recursos bióticos silvestres en la zona costera de Sinaloa en Karam Quiñones. Carlos: José Luis Beraud Lozano. Sinaloa y

El notable desarrollo económico de Culiacán a partir de la segunda mitad del siglo XX generó un crecimiento urbano descontrolado, con muy poca atención a las áreas naturales y prácticamente sin tomar en cuenta las condiciones climáticas de la ciudad. Las bondades económicas ocasionaron un retroceso muy significativo en las posibilidades de adaptación ambiental de la población al sitio, por consiguiente a sus características climatológicas a través de su arquitectura y sus espacios urbanos.

La modernidad arquitectónica de mediados del siglo XX en Culiacán, que todavía respondía positivamente a las características físicas del lugar, fue siendo sustituida por una arquitectura sin carácter, ni identidad, muy variable, vulnerable y alejada de las necesidades ambientales y climáticas de sus habitantes; una obra arquitectónica totalmente dependiente de las nuevas tecnologías de climatización e iluminación artificial con un alto costo energético. Ésta fue una tendencia muy generalizada con escasas y esporádicas excepciones.

La arquitectura de las últimas tres décadas del siglo XX, particularmente en el género de vivienda, está representada en los diferentes sectores sociales por modelos que no responden a las condiciones climatológicas de la región y que generan, por consiguiente, viviendas con altos consumos energéticos. En su

defecto, al no poder cubrir los altos costos de climatización artificial de una vivienda, genera altos índices de incomodidad térmica a sus habitantes.

Es importante destacar el énfasis de este problema en la vivienda de Interés social, ya que este tipo de construcción es



Imagen 3. Culiacán a mediados del siglo XX. Fotografía de archivo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Sinaloa. FAUAS

precisamente la que pretende cubrir las necesidades prioritarias de habitación de la mayoría de la población, a pesar de que no cubre -en la mayoría de los casos- las expectativas de habitabilidad en cuanto a las condiciones climatológicas de la ciudad.

su Ambiente: Visiones del Presente y Perspectivas, 1ª edición, editorial Jilguera. Rizzoli, México, 1993, p.p. 281-282.

Por ello, estudiar y analizar las condiciones climatológicas de la ciudad de Culiacán, y el devenir de la vivienda de interés social desde su creación, así como la interrelación entre ambas esferas, es el objetivo de este trabajo.

La presente investigación se desarrolla en dos capítulos: En el primer capítulo se hace una descripción de las condiciones sociopolíticas y económicas que a lo largo de la historia han impactado en el crecimiento y desarrollo de Culiacán, ya que una forma de describir y entender el sitio en el cual se emplaza la ciudad es a través del conocimiento de sus condiciones naturales y sus características físico ambientales.

Posteriormente se hace un minucioso análisis de las condiciones climáticas de la ciudad de Culiacán, de su comportamiento a lo largo del año y sus variantes en los diferentes meses, así como sus cambios a lo largo de las 24 horas del día. Una vez procesados y sintetizados los datos, mediante una metodología propuesta y descrita al detalle en el primer capítulo (apoyada en el método planteado por Héctor Ferreiro, el cual tiene la flexibilidad de aplicarse en cualquier sitio donde se pretenda hacer un análisis similar), se procede al análisis e interpretación del comportamiento climático.

Del estudio del clima de Culiacán se obtienen una serie de posibles escenarios climatológicos de acuerdo con las manifestaciones que históricamente se han presentado de manera cíclica y que han mostrado una tendencia significativa para que represente las condiciones del lugar.

Dentro de este estudio, y con base en la metodología antes mencionada, se obtienen los días tipo de cada mes que son de gran utilidad para entender el comportamiento de las características climatológicas a lo largo de las 24 horas del día. Las variantes diarias dan la pauta correcta para aplicar un criterio de diseño bioclimático del lugar.

En el primer capítulo se describe también el concepto de comodidad térmica (o confort térmico) y la interpretación para las características particulares de la ciudad de Culiacán.

En el segundo capítulo se analiza la arquitectura habitacional de Culiacán y sus diferentes adecuaciones al medio físico, así como las incongruencias más recientes en este rubro, durante el auge económico de la región, aunado al crecimiento desordenado de la ciudad.

Además, en este capítulo se analizan las diversas manifestaciones arquitectónicas de la ciudad, desde los asentamientos prehispánicos hasta los desarrollos habitacionales actuales.

En un recorrido histórico general por las diversas épocas que antecedieron a la arquitectura habitacional actual, con base en las diversas características económicas, políticas y sociales, así como algunas influencias arquitectónicas externas, se aprecia la creación de un patrimonio arquitectónico regional con grandes aportaciones tipológicas y claras tendencias de adecuación al medio ambiente en que se construyó.

Lejos de consolidarse en este aspecto, la vivienda de las últimas décadas se alejó de estas aportaciones. Ya sea por influencias externas, por modas arquitectónicas o por los altos subsidios a los recursos energéticos (principalmente la energía eléctrica), los intentos de adecuación al clima son muy limitados y en cambio las fallas son múltiples y evidentes.

De acuerdo con el análisis del clima que se hace en el primer capítulo de esta investigación, y apoyado en la diversa bibliografía que se ha publicado sobre las aplicaciones arquitectónicas para contrarrestar las situaciones de incomodidad térmica de los habitantes de una ciudad, se presentan una serie de criterios o patrones de diseño bioclimáticos adecuados para las características climatológicas tan particulares de la ciudad de Culiacán.

Finalmente, se presenta un estudio comparativo con dos modelos de vivienda y sus comportamientos climáticos en días con altos índices de calor en la ciudad. Este estudio incluye el análisis de cada uno de los patrones planteados anteriormente y al grado que están aplicados en cada uno de los modelos.



Imagen 4. Fraccionamiento residencial medio-alto al sur de la ciudad. JCRC

El principal objetivo de esta investigación es aportar las premisas básicas de diseño arquitectónico bioclimático que permitan solucionar las adversidades térmicas que se presentan en la ciudad de Culiacán. Todo ello basado en las diversas aportaciones tipológicas de la arquitectura que se desarrollaron en épocas anteriores, principalmente cuando no estaba aún generalizado el uso de la diversidad tecnológica que hoy existe para acondicionar el clima de un espacio arquitectónico.

Es por ello que se plantean en esta investigación las siguientes hipótesis:

1. El análisis climatológico de una localidad permite un conocimiento amplio y detallado de las **condiciones ambientales reales** de la ciudad, lo que representa una herramienta útil en la búsqueda de construir espacios arquitectónicos térmicamente cómodos mediante la aplicación de patrones de diseño arquitectónico bioclimáticos.
2. El clima de Culiacán está catalogado como cálido semi-seco, de acuerdo con la clasificación Köppen-García³, y como cálido seco según Figueroa Fuentes⁴, sin embargo, el periodo del año que más atención requiere en cuanto a la solución bioclimática de sus espacios arquitectónicos (de junio a octubre), revela un **comportamiento climático propio del clima cálido húmedo**, por lo cual, las soluciones arquitectónicas en la ciudad de Culiacán deberán estar más dirigidas a este tipo de clima.
3. La vivienda de interés social, cuyo diseño deja de lado las características climatológicas del sitio donde se asienta, **no resuelve los problemas de incomodidad térmica** que sufren sus habitantes.

³ King Binelli. Delia. Acondicionamiento bioclimático. UAM Xochimilco. México. 1994, p. 21.

⁴ Ídem

4. La producción arquitectónica correspondiente al género de vivienda de interés social de las últimas tres décadas, **no está inspirada** en los patrones de diseño arquitectónico que **sí funcionaron** aplicados en la producción edilicia del resto de los periodos históricos en Culiacán.

En resumen, los objetivos que se buscan en la investigación son los siguientes:

1. Generar la información **clara y precisa** de las características físicas de la región del municipio de Culiacán, haciendo énfasis en los datos climatológicos.
2. Desarrollar una **metodología de análisis** de los datos climatológicos, de tal forma que tengan fácil lectura e interpretación para su utilización en el diseño de los espacios arquitectónicos para la ciudad de Culiacán, y para que ésta pueda ser aplicada en otros lugares.
3. Definir los **patrones de diseño**, de carácter pasivo, que ayudan a mejorar el confort interno de los espacios arquitectónicos y, por consiguiente, a reducir sus requerimientos energéticos.
4. Conocer y analizar desde el punto de vista bioclimático, las diversas **aportaciones en el diseño arquitectónico** que surgen a través de la historia de Culiacán y de acuerdo con su ambiente económico, social, político y cultural.

La ciudad de Culiacán tiene un campo fértil de investigación en el campo de la vivienda, y particularmente desde el punto de vista bioclimático, área con una gran necesidad de desarrollo por las características tan particulares de su clima y la complejidad que éste genera para resolver un espacio arquitectónico sin que ello signifique altos costos de mantenimiento y climatización.

La presente investigación enfatiza su objetivo en el estudio climatológico de la ciudad, desde un punto de vista analítico, con el fin de interpretarlo y aplicarlo para resolver los espacios arquitectónicos, y parte de un amplio universo de información estadística para lograr una fácil lectura e interpretación.

Se pretende que tal interpretación se extienda a una práctica aplicación en los espacios arquitectónicos de la ciudad de Culiacán. Para ello se describe y analiza la arquitectura habitacional que históricamente se ha desarrollado en la ciudad y la forma en la que ésta se adaptó en sus primeras etapas a las condiciones climáticas de la ciudad, con el fin de tener una base conceptual para su actualización.

Queda, pues, abierto este tema para invitar a que futuras investigaciones incursionen en él, en la búsqueda de mejorar la calidad de vida de quienes habitamos este planeta, pues tenemos un compromiso indiscutible de atender la certera premisa de Paul Hyett: "Somos la primera generación que

conscientemente entrega a sus hijos este planeta finito, sujeto a un equilibrio tan delicado, en peor estado del que lo recibimos."⁵

⁵ Edwards, Brian y Paul Hyett. Rough Guide to Sustainability. Gustavo Gili, Barcelona, 2004, p.14.

An aerial photograph of a city grid, likely Culiacán, showing a river winding through the urban layout. The grid consists of numerous rectangular blocks separated by streets. The river is a prominent dark feature, curving from the top left towards the center of the image. The overall scene is a high-angle view of an urban landscape.

CAPÍTULO PRIMERO

Análisis de sitio Ciudad de Culiacán

CAPÍTULO PRIMERO

1. Análisis del sitio. Ciudad de Culiacán

1.1. Antecedentes históricos

Los grupos de indígenas que habitaban la región que hoy ocupa el estado de Sinaloa vivían en pequeñas aldeas, en construcciones de materiales perecederos. Su producción artesanal se limitaba a la manufactura de pequeños artefactos, todos ellos de utilidad para sus labores cotidianas. Tenían su propio idioma y se dedicaban a la pesca, agricultura y recolección. Entre los grupos más importantes "sobresalieron los Cahitas, que ocupaban la región norte del estado, entre el Río Mayo y el Río Fuerte; los Tahues, en la zona central costera hasta las riberas del Río Piaxtla; los Totarames, siguiendo la franja costera hasta los límites con Nayarit; y los Acaxees y Xiximes, en las zonas colindantes con Durango"⁴.

La tribu Tahue tenía una cultura similar a la de los pueblos de la altiplanicie; había constituido un señorío hereditario, cuya cabecera se hallaba en la ciudad de Culiacán. Sedentarios, agricultores y recolectores, los tahues no eran amantes de la guerra.

A la llegada de los españoles, en 1531, se funda la Villa de San Miguel de Culiacán en un lugar distinto al que actualmente ocupa. Al respecto, Gladis Mascareño precisa: "La conquista del territorio sinaloense por los españoles no se verificó de una vez, como la del Valle de Anáhuac, sino en varias expediciones. La primera, que se hizo por tierra, fue capitaneada en 1531 por Nuño Beltrán de Guzmán, el cual funda la Villa de San Miguel de Navito, en las márgenes del Río San Lorenzo; en 1533, la villa se traslada al lugar que actualmente ocupa la ciudad de Culiacán, en la confluencia de los ríos Tamazula y Humaya."⁵



Imagen 5. Culiacán de la primera mitad del siglo XX. FAUAS

⁴ Gobierno del Estado de Sinaloa/1. "Estado de Sinaloa. Monografía 1990". Gobierno del Estado de Sinaloa, México, 1990.

⁵ Mascareño López, Gladis Beatriz. *Comportamiento espacial en la estructura urbana de la ciudad de Culiacán en el periodo de 1970-1990*. tesis para maestría, UNAM, México DF., 1996, p.37



Imagen 6. Portales de la Plaza Principal (actualmente Plaza Álvaro Obregón) y Teatro Apolo. Principios del siglo XX. FAUAS

En el aspecto económico, la región en esa época no prosperó mucho. La agricultura se reducía al maíz, chile, frijol, algodón y maguey. Debido a la lejanía de los principales centros de población y la falta de comunicación, la producción se usaba únicamente para el autoconsumo.

A unos cuantos años de la conquista, la provincia de Culiacán queda prácticamente despoblada de sus habitantes originales. La cacería de esclavos, el sarampión, la viruela y las diarreas, unidas al hambre, terminan con la enorme población nativa.

En 1605, la Villa presenta una traza bien conformada en el centro y en su alrededor el caserío permanece disperso. Las principales edificaciones eran de muros de 80cm-1m de espesor, de adobe y de un solo nivel, con altura de cinco a seis metros. Generalmente, las viviendas se conformaban de un patio central con jardín y portales interiores, con algunas habitaciones al paramento de la calle y con zaguán de acceso.

En 1793, San Miguel de Culiacán cambia oficialmente su nombre por el de Villa de Culiacán, mientras que su actividad económica se fortalece. La población que se establece en estas tierras comercia con ropa, vinos, aceites y lienzos traídos de la Ciudad de México. Construidas ya las primeras vías de comunicación, la producción de sal y la pesca aumentan considerablemente y se comienzan a explotar las abundantes tierras fértiles.

Para principios del siglo XIX, la actividad más importante es la agricultura. Se produce maíz, frijol y caña de azúcar; la ganadería también es relevante, pues se desarrolla la cría de ganado vacuno, caballar y mular.

A mediados del siglo XIX se construyen edificios importantes como los portales del centro de la ciudad y los que albergarán los principales comercios de la ciudad. En ese mismo año se instala la Casa de Moneda y la Fábrica de Hilados y Tejidos Vega Hermanos. La ciudad mantiene la traza de características ortogonales, que

permite la continuidad de sus edificaciones, además de que los criterios son muy conservadores, lo cual permite los ritmos uniformes, la perspectiva y la monumentalidad. Las líneas de crecimiento se dan en forma paralela a la ribera del Río Tamazula, de este a oeste de la ciudad.

En la última década del siglo XIX, los habitantes de Culiacán - por primera vez- empiezan a inquietarse por la imagen que presenta la ciudad y los problemas que ocasiona su estructura urbana, tanto al crecimiento de la población como a sus actividades diarias. La jerarquía de sus trazos urbanísticos representa un serio problema heredado desde la colonia.

La ciudad continúa su crecimiento y organización con base en el futuro que promete el ferrocarril, cuya localización atrae el trazo urbano y se convierte en un punto de interés para algunos ciudadanos, incluidos los mismos gobernantes. Ella ocasiona que muchas de las familias notables de la época solicitan terrenos al Cabildo para habitar el sur de la ciudad, impulsando así en aquella zona el proceso de urbanización.

En la última década del siglo XIX es inaugurada la vía que actualmente es llamada Blvd. Francisco I. Madero, y se inicia formalmente la construcción del Teatro Apolo, inaugurado en 1894.



Imagen 7. Culiacán a mediados del siglo XX. FAUAS

A partir de 1895 la ciudad cuenta con alumbrado eléctrico. El ferrocarril South Pacific, construido desde Nogales en la frontera norte con Estados Unidos, llegó a Culiacán Rosales en 1909, permitiendo explotar así sus ventajas comparativas en agricultura de exportación.

En 1928 se pavimentan las dos primeras calles de la ciudad: Ángel Flores y Antonio Rosales, partiendo de la Plaza de Armas hasta la Plazuela Rosales. En 1944 se lleva a cabo un proyecto muy

significativo para el desarrollo de la ciudad: se construye la primera gran obra hidráulica en el Estado, la presa Sanalona, sobre el Río Tamazula, que estimula el despegue agrícola del Valle de Culiacán, y por ende el crecimiento acelerado de la ciudad. A partir de los años cincuenta, el centro de la ciudad empieza a lucir modernos edificios funcionalistas promovidos por arquitectos formados en el Distrito Federal, con el fervor de la arquitectura moderna.

En 1960 la mancha urbana alcanza las 1,094.4 hectáreas. Este crecimiento se origina debido principalmente a la migración campo-ciudad, al avance industrial, la terciarización de la economía y al crecimiento de la administración estatal.

Una cuarta parte de la población de Culiacán se ubica en aquel momento en los terrenos del otro lado del Río Tamazula, hacia las colonias Tierra Blanca, Gabriel Leyva y Chapultepec.

En 1970, el uso principal del suelo es residencial y el comercio se desarrolla en la parte central del asentamiento original de la ciudad; posteriormente, la zona comercial se extiende lentamente en áreas concentradas y en ejes viales de la misma. A partir de esta década, y hasta la actualidad, se genera un crecimiento descontrolado de la ciudad. El comercio es impulsado en el centro de la ciudad y a su vez la especulación del suelo provoca la desaparición de casi todo vestigio colonial de la ciudad.

En 1980 se erige el nuevo Palacio de Gobierno y el Centro Sinaloa como nuevo centro financiero de la ciudad, con la intención de descentralizar las actividades comerciales y administrativas de la ciudad.

En 1990 se impulsa un nuevo proyecto urbano: El desarrollo Tres Ríos, con la finalidad de potenciar el territorio de las riberas de los tres ríos que cruzan la ciudad. Esto generó el desarrollo de varios puentes para conectar y articular más la ciudad, lo cual se logró parcialmente con un total de 10 puentes sobre los tres ríos.



Imagen 8. Tala de árboles en el Desarrollo Tres Ríos. JCRC, 2004

Aun así, las políticas del Desarrollo Tres Ríos distan mucho de las intenciones de explotar racionalmente esa zona de la ciudad. El "desarrollo" implicó deforestación y poco aprovechamiento de grandes áreas verdes, con la clara intención de especular con los usos del suelo para beneficio privado y muy poco para el sector público.

Culiacán en el siglo XXI

Al inicio del siglo XXI, Culiacán enfrenta grandes problemas urbanos. La ciudad creció sin orden, con un alto índice de vehículos privados, con muy reducidas áreas verdes, con un grado de contaminación atmosférica alta -para la escala de la ciudad- y sus ríos se encuentran muy alterados y parcialmente contaminados.



Imagen 9. Casas de Fraccionamiento Residencial Colinas de San Miguel, JCRC, 2004

cerrada, con una vida urbana de poco contacto social durante el verano.

Además, la inseguridad ha cobrado relevancia por la influencia evidente de la cultura del narcotráfico. El comportamiento de los individuos implicados en las mafias del narco es característico, su imagen y símbolos han permeado hacia todos los estratos sociales,

La arquitectura que se construye en la ciudad ha prestado escasa atención a las condiciones ambientales y climáticas de la localidad; la tecnología de los aires acondicionados ha generado una ciudad

incluso, de forma muy significativa, a la arquitectura. Las construcciones edificadas en este contexto han adoptado diferentes elementos de aislamiento social (bardas, portones eléctricos, calles privadas), ajenos a la cultura arquitectónica previa, que han contribuido a sembrar un ambiente tenso, de mucho impacto, al cual su población pareciera haberse resignado.

El panorama del siglo XXI muestra a una ciudad disgregada: la vivienda de interés social se reproduce por toda la mancha urbana y en áreas aledañas, provocando así su expansión horizontal, generando altos costos de equipamiento e infraestructura. La calidad de la vivienda es cada vez menor y la problemática social cada vez mayor.

Los sectores acaudalados ahora viven en conjuntos privados, cerrados y con vigilancia permanente, lo cual genera calles aledañas oscuras e inseguras, sin vida peatonal.

El abastecimiento de comestibles lo han acaparado las grandes cadenas comerciales y ha disminuido la cultura del mercado y las compras en la calle. No obstante, el comercio está organizado y no ha dejado que el centro pierda valor.

1.2. Demografía, política y economía

En el padrón de los habitantes de la Villa de Culiacán en 1793 -que se llevó a cabo con el fin de solicitar al rey una confirmación del título de 'villa' que otorgó Nuño de Guzmán al poblado- se registran 459 familias, con un total de 2662 personas.

Durante la ocupación española, la población tuvo pocos



Imagen 10. Danza del venado, Mayo-Yoreme. JCRC, 2003

cambios. Desde 1531 hasta la era independiente del México del siglo XIX, la población creció lentamente y hubo poco desarrollo económico debido a la incomunicación de la región. Como asienta Verdugo Falquez:

"Este pueblo de Culiacán, en todo el tiempo que duró la dominación española, puede decirse que permaneció estacionario. Contribuía a ello su ubicación en el centro de

estas entonces lejanas tierras del Noroeste, con exigua comunicación con el resto del país."⁸

⁸ Verdugo Falquez, Francisco, *Las viejas calles de Culiacán*, Culiacán, Sinaloa, Universidad Autónoma de Sinaloa, 1981, p. 241

"En el siglo XVI, la Villa de San Miguel de Culiacán se convirtió en el centro de operaciones para la explotación, conquista, evangelización y colonización del Noroeste, además de ser el último contacto con el mundo novohispano. Entre las expediciones más famosas, después de la de Nuño de Guzmán, están las jornadas de los franciscanos Fray Juan de la Asunción y Fray Marcos de Niza en 1538; la expedición de Francisco Vázquez de Coronado, en 1540; la colonización de Francisco de Ibarra, de 1564 a 1575, y la evangelización desarrollada por el padre Gonzalo de Tapia."⁹

Durante la colonia, la principal actividad que realizaron los españoles fue la minería, y en torno a ésta se desarrollaron actividades como la agricultura, el trabajo artesanal, la ganadería y el comercio.

Culiacán continuó ejerciendo su jurisdicción sobre el territorio que le habían adjudicado desde el siglo XVI, hasta las primeras décadas del siglo XVIII. En 1823 se aprobó la separación de la Intendencia de Arizpe en dos gobernaciones. Un año más tarde, el Congreso de la Unión decretó una nueva fusión entre Sonora y Sinaloa, creando el Estado de Occidente.

En 1831 se decidió la separación del estado de Occidente y se

⁹ Conoce Culiacán, Historia, *Esbozo Histórico*, <http://www.culiacan.gob.mx>, consultado 19 nov. de 2004.

formaron las entidades de Sonora y Sinaloa, constituyéndose Culiacán como la capital de este último, y como parte del distrito del mismo nombre.

Culiacán es un municipio que muestra una dinámica demográfica que le ha permitido constituirse en la municipalidad más poblada del estado y crecer a ritmos por arriba del promedio estatal. Esta dinámica la adquiere en el periodo posrevolucionario, cuando se comienza a invertir en el Valle de Culiacán para la construcción de las grandes obras de irrigación y en la ampliación de la frontera agrícola bajo riego.



Imagen 11. Mujeres de Navito. JCRC, 2003

En el año 2000, el municipio de Culiacán contaba con 745 mil 537 habitantes. Esta cifra representó el 29 por ciento de la población estatal y ubicó al municipio de

Culiacán como el más poblado del estado de Sinaloa.

Conforme a resultados del XII Censo General de Población y Vivienda, durante 1995-2000 el municipio de Culiacán registró una

tasa de crecimiento de 1.60 por ciento. Esta tendencia resulta similar a la registrada como promedio nacional y más alta al 1.10 por ciento observada en el estado.

Respecto a la estructura por edad y sexo de la población culiacanense, el 34 por ciento de los habitantes es menor de 15 años; el 61 por ciento se encuentra entre los 15 y los 64, y sólo el 5 por ciento tiene más de 64 años. En relación con la distribución por género, las cifras son semejantes.

Cada año llegan aproximadamente 50 mil jornaleros agrícolas al municipio de Culiacán, procedentes principalmente de comunidades indígenas de los estados de Oaxaca y Guerrero, para emplearse temporalmente en los campos del valle de Culiacán.

Este proceso migratorio se presenta de manera cíclica (por temporadas de cosecha y limpia en las áreas agrícolas) y es de naturaleza pendular, dado que la mayor parte de las familias de trabajadores regresan a su pueblo de origen. Sin embargo, esto ha generado que cada vez más personas de origen oaxaqueño y guerrerense se asienten de manera definitiva en el municipio de Culiacán.

También los habitantes del municipio de Culiacán presentan un alto grado de migración, la cual se dirige principalmente a

| POBLADOS DEL MUNICIPIO DE CULIACÁN | | |
|------------------------------------|----------------|----------------|
| Concepto | Habitantes | Viviendas |
| TOTAL | 745,537 | 166,990 |
| Población Rural | 138,788 | 29,097 |
| Población Urbana | 606,749 | 137,893 |
| Culiacán Rosales | 540,823 | 123,647 |
| Costa Rica | 21,661 | 4,723 |
| Eldorado | 13,575 | 3,097 |
| El Diez | 6,207 | 1,287 |
| Quilá | 5,381 | 1,142 |
| Villa A. López Mateos | 5,126 | 1,104 |
| Culiacancito | 4,034 | 845 |
| Pueblos Unidos | 3,967 | 821 |
| Leopoldo Sánchez C. | 3,089 | 609 |
| El Limón de Los Ramos | 2,886 | 618 |

ciudades estadounidenses, principalmente a Los Ángeles y San Diego; otros destinos importantes son las ciudades de Mexicali y Tijuana, en la frontera norte de nuestro país.

Por otra parte, la ciudad de Culiacán continúa siendo atractiva para los habitantes de las áreas rurales del

municipio y de otras regiones del estado para establecer su residencia permanente, debido a las oportunidades de empleo, salud y educación que ofrece la ciudad, lo cual genera alta concentración poblacional en la cabecera municipal.

Estas son algunas de las causas de que el municipio tienda a una urbanización creciente, y lo evidencia una cifra: el 81 por ciento de la población del municipio vive en áreas urbanas. Las comunidades rurales del municipio de Culiacán dan alojamiento



Imagen 12. Rostros de Culiacán. JCRC, 2003.

Culiacancito, Leopoldo Sánchez Celes, Villa Adolfo López Mateos [conocido como El Tamarindo], El Limón de las Ramos y Pueblos Unidos. En la ciudad de Culiacán Rosales vive el 73 por ciento de los habitantes del municipio.

Esto implica un alto grado de concentración de la población urbana, pero en lo que respecta a la población rural -aunque es sólo el 19 por ciento-, presenta un alto grado de dispersión; la mayoría de las localidades culiacanenses son pequeñas; de las mil 37 localidades que existen, 944 cuentan con menos de 500 habitantes y agrupan sólo el 8 por ciento de la población.

al 19 por ciento de los culiacanenses. Las principales áreas urbanas del municipio son las comunidades de Culiacán Rosales, Costa Rica, Eldorado, Quilá, El Diez.

1.3. Aspectos Físicos

Ubicación geográfica



Imagen 13. Localización geográfica del municipio de Culiacán¹⁰

La superficie total del estado de Sinaloa representa el 2.9% de la extensión territorial del país y cuenta con cerca de 650 km. de costa o litoral marino; 221 mil 600 Ha. de lagunas litorales y 57 mil Ha. de aguas continentales. De la superficie total del estado, aproximadamente el 23% (1'338,000 Ha.) es susceptible de aprovecharse en usos agrícolas; el 45% (2'598,000 Ha.) se considera agostadera; el 16% (936,000 Ha.) es aprovechable en recursos forestales y el 16% (937,000 Ha.) son suelos incultivables, suelos pedregosos, caminos, zonas urbanas, etcétera.¹¹

¹⁰ Ubicación geográfica, Estado de Sinaloa, <http://www.sinaloa.gob.mx>, consultado el 19 de noviembre de 2004

¹¹ Gobierno del Estado de Sinaloa/1. "Estado de Sinaloa. Monografía 1990", Gobierno del Estado de Sinaloa, México, 1990

El municipio de Culiacán se localiza en la parte central del estado de Sinaloa, entre las coordenadas geográficas extremas siguientes: al norte 25° 10' y al sur 24° 00' de latitud norte del Ecuador y al oeste en el meridiano 107° 43' y este en el meridiano



Imagen 14. Mancha urbana de Culiacán en el año 2000. FAUAS

106° 56' de longitud oeste. Su territorio se extiende en 4 mil 758.9 kilómetros cuadrados, es decir, aglutina dentro de sus límites al 8.2 por ciento de la superficie del estado, lo que lo convierte en el tercer municipio más extenso, después de los municipios de Sinaloa y Badiraguato.

Las fronteras territoriales separan al municipio de Culiacán al norte, de los municipios de Mocimta y Badiraguato, al igual que del estado de Durango; al este, del municipio de Cosalá, del municipio de Elota y del estado de Durango; al sur, colinda

con el Golfo de California y el municipio de Cosalá; al oeste, lo hace con el Golfo de California y los municipios de Navolato y Mocorito.¹²



Imagen 15. Sierra de Cosalá. JCRC, 2003.

urbana de la ciudad de Culiacán, dando origen al río Culiacán.

El Municipio es atravesado por cuatro corrientes hidrológicas: los ríos Humaya, Tamazula, Culiacán y San Lorenzo.

La confluencia de los ríos Humaya y Tamazula se localiza dentro del área

1.3.1 Orografía y suelos

La configuración del suelo del municipio de Culiacán se debe a la presencia de la Sierra Madre Occidental y la llanura costera.

Se tiene una región alteña o serrana (de 300 a 2 mil 500 metros sobre el nivel del mar), formada por las sindicaturas de Jesús María,

¹² Conoce Culiacán, geografía, clima, hidrografía, flora y fauna. Geografía. <http://www.culiacan.gob.mx>, consultado el 19 nov. de noviembre de 2004.

Tepuche, Imala, Sanalona, Las Tapias, Tacuichamona y parte de las sindicaturas de Culiacán, El Salado, Higuerras de Abuya y Baila.

Las regiones más onduladas y agrestes forman parte de las sierras de San Lorenzo o de Los Caballos, de Tacuichamona, la de Baila, de San Cayetano, de Mojolo o Miraflores, del Potrero y la de Culiacán.

Las regiones más onduladas y agrestes forman parte de las sierras de San Lorenzo o de Los Caballos, de Tacuichamona, la de Baila, de San Cayetano, de Mojolo o Miraflores, del Potrero y la de Culiacán. El cerro más alto en el municipio es el del Cerro Prieto, localizado en la sindicatura de Sanalona, cerca de los límites con



Imagen 16. Sierra de Cosalá. JCRC, 2003.

altitud son el Cerro La Mojonera, localizado en la sindicatura de Jesús María, y el Cerro El Pinito, en el territorio de la sindicatura de

Durango y el municipio de Cosalá; le siguen en altitud el Cerro de Laureles, dentro de la jurisdicción de la sindicatura Higuerras de Abuya.

Otras elevaciones de considerable

Tepuche. La carretera internacional México-Nogales, que prácticamente sirve como referencia para separar el valle de la sierra.



Imagen 17. Flora regional.
JCRC, 2003.

Costa Rica, Eldorado, El Salado, Quilá, parte de Higuera de Abuya y los terrenos bajos de la sindicatura de Baila.

“Un suelo es el producto de procesos destructivos y constructivos que resultan en pérdidas, ganancias, traslado y transformación. El intemperismo de las rocas y la descomposición por los microorganismos de los residuos orgánicos, son ejemplos de procesos destructivos; sin embargo, la formación de nuevos

La parte costera está formada por planicies no mayores a los 40 metros sobre el nivel del mar, siendo regular la línea de contacto del océano con tierra firme. En esta parte del municipio se localiza el fértil valle agrícola de Culiacán, uno de los más importantes del país. Parte de esta región la componen las sindicaturas de Culiacancito, Adolfo López Mateos, Aguaruto, la mayor parte de Culiacán,

minerales, como ciertas arcillas y de nuevos compuestos orgánicos estables, son ejemplos de síntesis.”¹³

“Los principales suelos del estado de Sinaloa son los Vertisoles, Phaeozems, Leptosoles, Solonchacks y Cambisoles. En Culiacán se encuentran: Vertisoles (VR), Phaeozems (PH), y en menor grado: Leptosoles (LP), Regosoles (RG) y Cambisoles (B)”¹⁴

1.3.2 Flora y Fauna



Imagen 18. Fauna regional. Tortuga y cocodrilo, JCRC, 2003.

La vegetación nativa es en su mayoría selva baja, aunque existen también bosques de encino y pino. En el área costera se encuentra la vegetación halófila y manglar. En

todas estas variantes se han generado alteraciones significativas

que han puesto en peligro especies tanto de fauna como de flora.

¹³ García Calderón, Norma Eugenia. *Los suelos y la biodiversidad en el estado de Sinaloa*, en Cifuentes Lemus Juan Luis y José Guisela López. *Atlas de la Biodiversidad de Sinaloa*. Colegio de Sinaloa. Culiacan Sinaloa, 2003, p. 261

¹⁴ *Ibidem*, pp. 263-270

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las selvas se han transformado en campos agrícolas, los manglares son afectados por la acuacultura y la vegetación serrana por su

sobre explotación.



Imagen 19. Fauna regional. Lagartija, JCRC, 2003

"Los ejemplares más representativos de la flora culiacanense son: amapa, álamo, ayale, anona, bainora, bebelama, mauto, topaco, brasil, pochote,

maguay, arrayán, nanchi, guamúchil, mango, ciruelo, líchie, ceibas, otate, mezquite, cardón, guásima, guayacán, viznaga, tasajo, choya, nopal, aguama, sábila, candelilla, nopal, guereque, palma, palo fierro, palo blanco, palo colorado, palo mulato, papellillo, mangie, Zárate, retama, regalgar, vara blanca, vinolo, vinorama, venadillo, tripa de zopilote, abnía, mangle, toloaché, uvalamo, tecomate, melón, papaya, naranjo, limonero, plátano, naranja china, pepino, papa, sidra, trigo, maíz, sorgo, tabachin, tamarindo, papayo, huizache, higuera, estropajo, chilacoyota, chile chilpetín, tomate, entre otros."¹⁵

Debido a los diferentes ecosistemas de valle, costa, sierra y

¹⁵ Conoce Culiacán, geografía, clima, hidrografía, flora y fauna. *Flora y fauna*. <http://www.culiacan.gob.mx>, consultado el 19 nov. de noviembre de 2004

desierto, la diversidad de la fauna regional es significativa. Esta riqueza está siendo amenazada por la acción humana, ya sea por la destrucción de los hábitat, los cambios de uso del suelo para destino agrícola, la contaminación, la extensión de la mancha urbana y la caza, entre otras causas.

"Aun así, es factible localizar babisuri, jabali, venado cola blanca, rata de campo, murciélago, conejo, chalota, liebre, armadillo, puma, lince, jaguar, gato montés, perro, gato, coyote, mapache, tiacuache, ardilla común, ardilla voladora, cabra, bovinos, ovinos, guajolote silvestre, gallina, guacamaya, pato, garcefa,

chachalacas, codorniz, golondrina, perico, cuichi, paloma, colibrí, águila, haicón, zopilote, buitre, boa, serpiente, lagartija, cocodrilo, tortuga, iguana, sapo, rana, alacrán, tarántula, arañas, uvares, escorpiones, moscas, jejenes, lábanos, moscas,



Imagen 20. Fauna regional. Urraca, JCRC, 2003.

cucarachás, hormigas, mochomos, grillas, chapulines, saltamontes, robalo, carvina, mojarra, langostina de río, cangrejo, camarón, bagre, tilapia, lobina, mero, pargo, delfin, mantarraya, lisa, camarón, cozón, pulpo, calamar, botete, chigüiles, por nombrar

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

algunos.¹⁴

El litoral de Culiacán se extiende 261 kilómetros, donde abundan recursos naturales y

pesqueros, sobresaliendo la Ensenada del Pabellón (27 mil 400 hectáreas), sistema estuarino que comparte con el municipio de Navolato. La ensenada se caracteriza por tener una forma irregular y se distribuye paralela a la línea de la

costa, prolongándose tierra adentro, formando un laberinto de pequeños esteros.



Imagen 21. Distribución de vegetación en el Estado de Sinaloa

1.3.3 Geometría Solar

La inclinación que presenta la Tierra con respecto al plano de la eclíptica¹⁷, en las diferentes épocas de año, genera los momentos

¹⁴ Ídem

¹⁷ "Línea imaginaria, casi circular, que la Tierra recorre en el movimiento de traslación alrededor del Sol". Véase Plazola, Alfredo. *Arquitectura Habitacional*, México DF, Limusa, p. 179

en los que inicia cada una de las estaciones de año: Los equinoccios y los solsticios.

"Equinoccios: Son los puntos de la eclíptica de declinación nula.



Imagen 22. Atardecer sinaloense, JCRC, 2003

Son dos: El equinoccio de primavera (21 de marzo¹⁸) y el de otoño (23 de septiembre). En los equinoccios, el eje de intersección entre el plano del ecuador y el de la eclíptica pasa por el Sol.

Solsticio de verano: Punto de eclíptica de máxima declinación positiva (23.45° ó 23°27'), Tiene lugar el 22 de junio. Los puntos terrestres ubicados en el Trópico de Cáncer reciben la máxima insolación teórica (radiación Solar perpendicular a la superficie)

Solsticio de invierno: Punto de la eclíptica de máxima declinación negativa (-23.45° ó 23°27'). Tiene lugar el día 22 de diciembre. Los

¹⁸ Existen variantes en diversos autores sobre las fechas de equinoccios y solsticios debido a que el momento en que sucede no es un día sino una hora determinada. "Para el hemisferio norte comienza la primavera a las 18:45 hrs. del día 20 de marzo, el verano el 21 de junio a las 14:12 hrs, el otoño a las 5:13 hrs. del 23 de septiembre y el invierno a las 0:22 hrs. del día 22 de diciembre." Véase Plazola, Alfredo. *Arquitectura Habitacional*, México DF, Limusa, p.181

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

puntos terrestres ubicados en el Trópico de Capricornio, reciben la máxima insolación teórica.”¹⁹

Los trópicos y los círculos polares dividen a la Tierra en cinco partes o zonas: La zona tórrida (entre los dos trópicos); las dos zonas templadas, la de norte (entre el Trópico de Cáncer y el Círculo Polar Ártico) y la del sur, (entre el Trópico de Capricornio y el Círculo Polar Antártico); y las dos zonas glaciares o polares, la del norte (arriba del Círculo polar ártico) y la del sur (abajo del Círculo polar antártico).

Culiacán se ubica entre los 24° 00' y 25° 10' de latitud norte del Ecuador, es decir en la zona templada norte, apenas arriba del límite norte de la zona tropical o tórrida. Esto no equivale a que sea un lugar donde no se registren altas temperaturas; diversas situaciones hacen de esta región un lugar de condiciones climáticas severas de difícil adaptación para el humano.

Con respecto a la gráfica Solar de la ciudad y la trayectoria de los rayos Solares en las diferentes épocas del año se puede definir lo siguiente:

El día 21 de junio es el día con la mayor trayectoria Solar en la ciudad, más no por esto es el día más cálido.²⁰ El Sol sale

aproximadamente a las 5:15 hrs. (sin tomar en cuenta el horario de verano) y se oculta a las 18:50 hrs. Suman 13 horas con 40 minutos de luz del Sol.

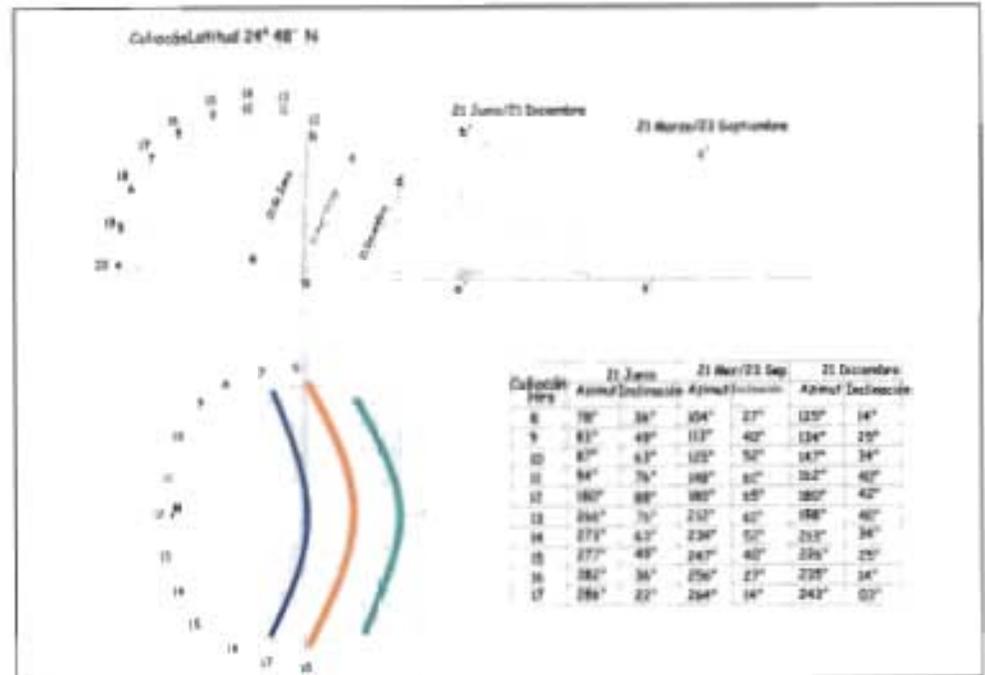


Imagen 23. Gráfica solar para la ciudad de Culiacán 24° 48'.

²⁰ "Por la acción Solar, la Tierra necesita cierto tiempo, tanto en calentarse como en enfriarse, motivo por el cual los máximos y mínimos de las temperaturas anuales no coinciden con los solsticios, sino que se presentan un mes después; del mismo modo que no coinciden los mayores grados térmicos diarios con las horas en que el Sol pasa por el meridiano del lugar" Pizarra, Alfredo. Opus cit., p. 182.

¹⁹ Tudela, Fernando. *Ecoclima*. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. 1982 p.65

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Este día, que marca el inicio del verano, es el día en que el Sol se acerca más a una posición cenital, a las 12:00 hrs. mediodía, con una diferencia apenas de poco más de un grado, cuyo efecto de radiación es prácticamente igual al de una posición cenital. También es la posición en la que los rayos Solares afectan más por el norte. Esto sucede en las primeras y últimas horas del día, desde la hora de salida del Sol hasta las 10:00 hrs. Y a partir de las 14:00 hrs., hasta la hora en que el Sol se oculta. Por el sur, prácticamente no afecta en esta fecha, ya que de las 10:30 a las 13:30 el Sol incide del lado sur del eje este-oeste, aunque el ángulo máximo con respecto al eje apenas pasa un grado.

El día 21 de diciembre es el día con menor trayectoria Solar y por consiguiente es el día que la altura máxima que alcanza (a las 12:00, mediodía) es la mínima de todo el año a esa hora. Este día inicia el invierno y el Sol aparece a las 6:50 y se oculta a las 17:10, con un total de 10 horas con 20 minutos de tiempo Sol.

En el Solsticio de invierno, el Sol aparece por el sureste y se oculta por el suroeste. Alcanza su altura máxima al mediodía, con una inclinación hacia el sur de $41^{\circ} 45'$ con respecto al horizonte. La trayectoria total del Sol se realiza por el sur.

En las fechas descritas anteriormente, que corresponden a los solsticios, son las posiciones extremas con respecto a la inclinación

del Sol, conforme se va acercando a la fecha o alejando de ella se presenta lo descrito.

A la mitad del recorrido de un Solsticio a otro, en ambos sentidos se producen los otros dos momentos en que se inician las otras dos estaciones: los equinoccios. El 21 de marzo y el 23 de septiembre.

Estos dos días, como sucede en cualquier punto de la tierra, el día es de 12 hrs. de Sol; éste sale a las 6:00 y se oculta a las 18:00 hrs. Las diferencias que se dan con respecto a la latitud en que se encuentra es la inclinación vertical que presenta con respecto al eje este-oeste. Mientras que en el Ecuador la trayectoria del Sol "dibuja" la línea este-oeste, a medida que crece la latitud del lugar, es mayor la inclinación, hasta registrar exactamente el ángulo de latitud del lugar con respecto a lo vertical a las 12:00 hrs.

Esta incidencia se registra por el sur en los casos ubicados en el hemisferio norte y por el norte en los lugares ubicados en el hemisferio sur. Por consiguiente, en los equinoccios, en Culiacán, se registra al mediodía una inclinación con respecto a lo vertical de $24^{\circ} 48'$ hacia el sur.

Cabe destacar que a partir del 23 de septiembre, y hasta el 21 de marzo, todas las trayectorias del Sol se darán sólo por el sur, mientras que las pocas horas que podría afectar por el norte se

dan a partir del 21 de marzo, con la mayor incidencia -como ya se indicó- el 21 de junio y dejando de incidir el día 23 de septiembre.

comportamiento de temperaturas según latitud

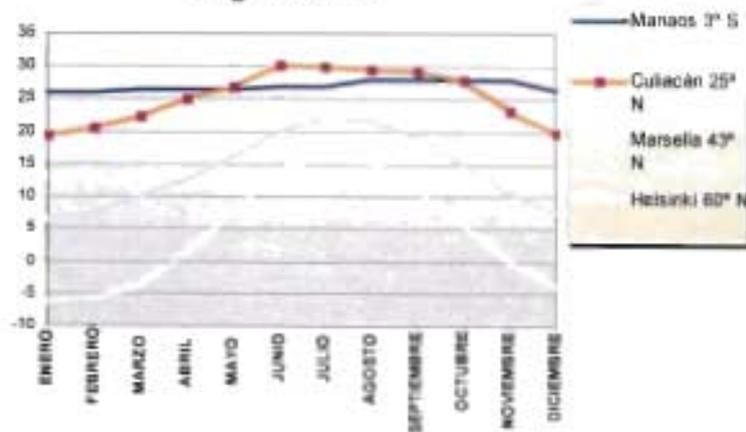


Imagen 24. Temperaturas medias en lugares con diferentes latitudes. Teresa Ayllón.

“La cantidad de radiación que llega a la Tierra varía con la latitud, porque depende de la altura del Sol en el horizonte y de la diferente inclinación con que inciden los rayos solares en la superficie terrestre. A medida que la incidencia es más vertical (Ecuador), es mayor la cantidad de radiación recibida por cm^2 , pero cuando la incidencia

es oblicua (polos), los rayos se distribuyen en una mayor superficie y corresponden menor cantidad de calor por cm^2 .²¹”

La definición de Teresa Ayllón explica las variaciones de los promedios de temperatura con respecto a la latitud del lugar y es de notarse los datos registrados en la ciudad de Culiacán comparada con otras tres ciudades de diferentes latitudes:

Mientras que una latitud cercana al Ecuador (Manaos 3° Sur) mantiene un promedio de temperatura uniforme todo el año, pero muy por debajo de los 30°C, en los otros tres lugares ubicados en la zona templada (incluida Culiacán) se registra una curva que, a mayor latitud, más acentuada pero con más bajos promedios de temperatura. Esto ubica a Culiacán en el lugar con mayores registros de temperatura promedio y curiosamente su curva mantiene una “cumbre” más extensa que se prolonga por cuatro meses alrededor de los 30° (Imagen 23).

1.3.4 Clima

“La palabra clima es de origen griego y significa etimológicamente ‘pendiente o inclinación’, con ella se alude a la inclinación de los rayos solares al incidir sobre la superficie del planeta.²²”

²¹ Ayllón Teresa. *Elementos de Meteorología y climatología*. México, D.F., Trillas, 1996. p. 43.

²² Ferrero León, Hector, en Lacombe, Ruth (comp.) *Manual de Arquitectura Solar*. México, D.F. Trillas, 1991. p. 19.

| ELEMENTOS DEL CLIMA | |
|---------------------|--|
| Termodinámicos | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura ▪ Presión ▪ Vientos |
| Acuosos | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Humedad ▪ Precipitación ▪ Nubosidad |
| FACTORES DEL CLIMA | |
| Cósmicos | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Forma De la Tierra ▪ Movimiento terrestre ▪ Sol |
| Geográficos | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Altitud ▪ Longitud ▪ Latitud ▪ Naturaleza del suelo ▪ Relieve ▪ Composición Atmosférica ▪ Agua ▪ Vegetación |

La inclinación del Sol y su consecuente efecto en la región donde se ubica la ciudad de Culiacán tienen singular importancia debido a los elevados índices de calor registrados en la ciudad y esto impacta de una forma definitiva en la actividad diaria de su población.

El origen etimológico de la palabra clima es muy elocuente y debe ser entendido en el campo de la arquitectura con la importancia que merece, así como también el Sol y sus propiedades, antes mencionados.

"El clima se refiere al promedio de las condiciones atmosféricas en un área y está determinado por los diarios eventos del tiempo y sus patrones estacionales, describiéndose en términos de la variabilidad de los elementos del clima".²³

Partiendo de esta definición de Rocío López, se hace necesaria la interpretación simplificada de los elementos del clima que más impactan en la producción arquitectónica y urbana. Se tiene la información, pero no una lectura precisa de las variables climatológicas del lugar. Se maneja la información en promedios generales pero se requiere de una lectura más específica y concreta del comportamiento diario, de los cambios bruscos, de las concentraciones o comportamientos atípicos, etc.

El método que a continuación se expone es una propuesta para obtener una lectura más precisa de las principales variables climatológicas –temperatura, humedad relativa y vientos dominantes– durante las 24 hrs. del día en la ciudad de Culiacán.

1.3.4.1 Método de análisis

Para tener una visión general de las condiciones climáticas de la ciudad de Culiacán es necesario partir de la información con que se cuenta.

²³ López de Juambelz, Rocío. *La vegetación en el diseño de los espacios exteriores*. Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 2000. p 14.

La Dirección del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos elabora diversos formatos de registro de datos meteorológicos y los procesa en diferentes presentaciones según sea el interés de quien los consulte, pues prácticamente se tienen registros de toda la República. Existe una cobertura de datos registrados cada hora, cada uno de los 365 días del año, a partir de que fue instalado el observatorio en cada lugar.

La ciudad de Culiacán cuenta con registros constantes en el Observatorio a partir de 1930.

Los parámetros que suelen registrar los observatorios son los siguientes:²⁴

- Temperatura del aire
- Temperatura máxima extrema
- Promedio de temperatura máxima
- Temperatura de bulbo seco (ambiente)
- Promedio de temperatura mínima
- Temperatura mínima extrema
- Temperatura mínima a la intemperie
- Oscilación de temperatura
- Humedad

- Temperatura de bulbo húmedo
- Humedad relativa
- Evaporación
- Evaporación total
- Tensión de vapor
- Precipitación
- Total de precipitación
- Precipitación máxima
- Precipitación mínima
- Insolación
- Total de horas de insolación
- Visibilidad horizontal
- Visibilidad dominante

Estos datos se concentran en resúmenes mensuales y en tarjetas mensuales que registran el dato cada hora de cada día.

La metodología de Héctor Ferreira, quien afirma que "los formatos utilizados por el SMN para el registro de datos horarios, para el diseñador urbano o arquitectónico, constituyen el medio idónea para obtener la información climatológica"²⁵, es retomada para este análisis del clima en Culiacán, ya que los resúmenes mensuales nos dan una visión general del comportamiento del

²⁴ Ferreira León, Opus cit, p. 82.

²⁵ Ferreira León, Opus cit, p. 83.

clima más no el comportamiento durante las 24 hrs. del día, información vital para la aplicación a la arquitectura.

Para el conocimiento general del clima de un lugar, Ferreiro nos plantea la necesidad de definir un año "tipo"²⁶, y para los datos horarios propone el día promedio mensual²⁷.

Con base en el origen y argumentación de este método, se plantea la elección de un **DÍA TIPO REAL** para cada mes con el fin de **utilizar los datos verídicos registrados en un día en que las variaciones con respecto al promedio general sean mínimas**.

Los datos fueron consultados en el Laboratorio de Medio Ambiente de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, donde se tienen registros precisos de varios parámetros cada medio hora, a partir de 1997 hasta la fecha.

Para hacer un registro con mayor precisión con respecto al comportamiento del clima durante las 24 hrs. del día, se optó por procesar de manera conjunta todos los datos de humedad relativa y temperatura de todos los días de cinco años consecutivos (1997, 1998, 1999, 2000 y 2001).

²⁶ "El año tipo se define como el año de registros climatológicos de una localidad, el cual resulte significativo de un periodo que abarque por lo menos 10 años. Para determinarlo se selecciona el año de registros que más se acerque en sus valores anuales al promedio aritmético de los valores de década de los parámetros de temperatura media anual". Ferreiro León, Opus cit. p. 84

²⁷ "El día promedio mensual resulta de la media aritmética de cada una de las 24 hrs. de los registros de un mes, para los diversos parámetros de una localidad". Ídem.

Tomando en cuenta que cada año tiene 365 días:

5 años (365 días) + 1 día bisiesto = **1826 días analizados**

Con un registro cada ½ hora se tienen 48 registros diarios:

1826 días (48 registros diarios) = 87,648 registros

87,648 registros para cada parámetro (temperatura y humedad relativa) son 175,296 registros procesados para simplificar la lectura a un solo día tipo de cada mes.

1.3.4.2 Método para obtener el DÍA TIPO REAL de cada mes

Para obtener los **días tipo reales** de cada mes se efectuó el siguiente mecanismo (ver tablas 1 y 2 de anexos 1 y 2)²⁸:

1. Ordenar las 24 tablas mensuales base (12 de humedad relativa y 12 de temperatura). Estas contienen toda la información base, es decir cada uno de los 175,296 registros antes señalados. Para tener una lectura correcta de los

²⁸ Las tablas de los anexos 1 y 2: muestran un ejemplo del proceso que se siguió en cada uno de los meses del año. Para ejemplificar, en los anexos de esta investigación se muestran sólo las tablas del mes de agosto, de las cuales se obtuvo el día tipo del mes de agosto

datos, estas tablas deben leerse de forma vertical desde el primer día del mes analizado de 1997 hasta el último día del mismo mes de 2001, de tal forma que en cada tabla se lea en las columnas, cada media hora del día y en las filas cada día del mes de 1997 a 2001. (Primera mitad de las tablas 1 y 2 de anexos 1 y 2).

2. Obtener una media aritmética por columna, es decir, de cada uno de los 48 momentos (intervalos de ½ hora) registrados de cada día. Así se obtiene un promedio que puede servir como guía del comportamiento durante el día del parámetro analizado, sea temperatura o humedad relativa, **pero NO son los datos reales de lo que sucedió en algún día del mes en cuestión durante el periodo en estudio** (fila amarilla de tabla 1 y 2 de anexos 1 y 2).

Con lo anterior se puede obtener, en lo que respecta al promedio, un registro de cada media hora por meses y tener una valoración del comportamiento "normal" del clima a lo largo de las 24 hrs. del día -tanto en temperatura como en humedad relativa- y con ello tener una idea de las necesidades de confort.

La idea de obtener un DIA TIPO REAL es para manejar datos reales de un día en que la temperatura y la humedad relativa están muy cerca de los valores promedios antes señalados. Para ello, continúa el proceso de la siguiente forma:

3. Calcular la diferencia entre los valores de cada fila y sus correspondientes promedios, de tal forma que se genere otra tabla equivalente en tamaño que registre sólo valores absolutos de estas diferencias. Este procedimiento se hace tanto en la tabla de temperatura como en la de humedad relativa (segunda mitad de tabla 1 y 2 de anexos 1 y 2)
4. Sumar estos valores absolutos en sentido horizontal para obtener una cifra que representa la magnitud de variación de cada día del mes con respecto al comportamiento promedio, tanto en temperatura como en humedad relativa. (columna 1 -azul- en tabla 1 y columna 2 -naranja en tabla 2, ambos en sus respectivos Cuadros de resultados, ver tablas 1 y 2 en anexos 1 y 2)
5. Las columnas 1 y 2 del Cuadro de resultados serán sumas de valores absolutos -de humedad relativa y temperatura- de un mismo mes. Con ambas columnas juntas se obtiene la **diferencia conjunta** (columna 3 -verde- en tablas 1 y 2 de anexos 1 y 2)
6. El requerimiento es obtener el día en que los valores, tanto de humedad relativa como de temperatura, estén más cerca **en conjunto**. A esta cifra se le llamará **diferencia conjunta**. Ésta se obtiene con una ecuación en la que se

suman las diferencias de cada día (la de temperatura y la de humedad relativa) pero con su valor porcentual proporcional a la mayor diferencia obtenida en cada parámetro. Esto es:

$$DC = (sdHR)(100)/vmdHR + (sdT)(100)/vmdT$$

Donde:

DC = diferencia conjunta

sdHR = suma de diferencias de humedad relativa

vmdHR = valor máximo de diferencias de humedad relativa

sdT = suma de diferencia de temperatura

vmdT = valor máximo de diferencias de temperatura

7. El día que presente la diferencia conjunta más baja será el que tiene los valores horarios, en conjunto, más cercanos al promedio general, este día se determina como **DIA TIPO REAL** del mes estudiada.

Después de obtener los 12 días tipo reales (uno por mes) se podrá analizar el comportamiento en conjunto de la *humedad relativa* y la *temperatura* con la veracidad de que así se comportó en algún día del mes analizado dentro de este periodo de cinco años.

El valor de *dirección del viento* y su *velocidad* durante las 24 hrs. de estos doce días tipa puede ser considerado para tener una valoración completa de los elementos principales con los que se

puede determinar el nivel de comodidad o incomodidad térmica de un lugar (ver anexos 3- 14)

Esto nos da un resultado más apegado o lo que realmente sucede con el clima, partiendo de que estos dos parámetros se pueden considerar los más importantes para las definiciones de comodidad o incomodidad térmica.

Tomar los valores porcentuales por separado tendría la desventaja de que no se toma un evento sucedido realmente y se alejaría más de la realidad típica de comportamiento climático de un día, dada que las variaciones de humedad relativa, temperatura del ambiente y la dirección y velocidad del viento están proporcionalmente relacionadas entre ellas, esto es, la variación de una modifica -invariablemente- alguna de las otras.

Así se obtuvieron los siguientes días tipa reales de cada mes:

- 11 de enero de 1998
- 7 de febrero de 1997
- 28 de marzo de 1998
- 30 de abril de 1998
- 9 de mayo de 1997
- 17 de junio de 1997
- 29 de julio de 1998
- 10 de agosto de 1999
- 21 de septiembre de 1998

- 23 de octubre de 2001
- 6 de noviembre de 1998
- 25 de diciembre de 1997

1.3.4.3 Comportamiento mensual

La otra forma de analizar el comportamiento del clima es con los datos de las variaciones de un mes a otro, pero sólo conociendo valores promedio, sin saber las variaciones durante el día. Esto nos puede dar una idea del tipo de clima de un lugar pero también puede ser un dato confuso. Por ejemplo, dos lugares con comportamiento similar de acuerdo a sus valores promedio mensuales podrían presentar considerables diferencias entre los registros del día y de la noche.

Según el objetivo de los datos analizados, algunos parámetros serán importantes para analizarlos de forma mensual, como el de la precipitación pluvial. Aunque es importante en este parámetro tener datos precisos, como las cantidades de precipitación posibles en un día.

Los parámetros analizados mensualmente son los siguientes:

1. Temperatura promedio
2. Temperatura máxima extrema

3. Temperatura mínima extrema
4. Precipitación pluvial promedio
5. Oscilación de temperatura
6. Humedad relativa
7. Vientos dominantes y su dirección

Estos parámetros se analizaron con los datos obtenidos del SMN, sobre un periodo de 23 años (de 1971 a 1993), de los cuales se excluyeron algunas fechas de las que no se tenía la información completa y por lo tanto alteraban los promedios.

Finalmente, se realizó el estudio para la temperatura promedio, máxima y mínima extrema, y la precipitación pluvial, con los datos de 17 años dentro de este periodo mencionado. Mientras que para oscilación y vientos dominantes se estudiaron 14 años y para la humedad relativa sólo 13.

Según Ferreiro, "el año tipo se define como el año de registros climatológicos de una localidad, el cual resulta significativo de un periodo que abarque por lo menos 10 años."²⁹

En el presente estudio, aunque no se tiene un periodo consecutivo de 10 años, la elección fue aleatoria y se estudiaron por lo menos 13 años diferentes, lo que le da la veracidad necesaria para tomarse

²⁹ Ferreiro León, Opus cit, p. 84.

como referencia para el comportamiento general del clima mensual.

1.3.4.4 Temperatura

“Temperatura es el grado sensible del calor. Se entiende por temperatura del aire en superficie la que existe a una altura comprendida entre 1.25m y 2m sobre el nivel del suelo. Se acepta como representativa de las condiciones en las que se desarrolla la actividad humana.”³⁰

La temperatura es uno de los elementos del clima que definen las condiciones de comodidad térmica de un sitio y un momento determinado.

Los registros de temperatura en la ciudad de Culiacán se analizaron de la siguiente forma:

- Registros generales en el año³¹
 - Promedios mensuales
 - Máxima extrema por mes
 - Mínimo extremo por mes
- Registros cada media hora para cada día tipo de cada mes³²

Con el total de los registros (cada hora) se obtiene una media aritmética por mes, en cada año.

³⁰ Ayllón, Teresa. Opus cit. p. 56

³¹ Obtenidos del SMN, del periodo de los siguientes 17 años: 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1982, 1983, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993

³² Ver método del proceso para la obtención del día tipo. Capítulo 3.5.2

todos ellos se promedian para obtener un valor medio representativo del mes correspondiente (Imagen 25 y anexo 15).

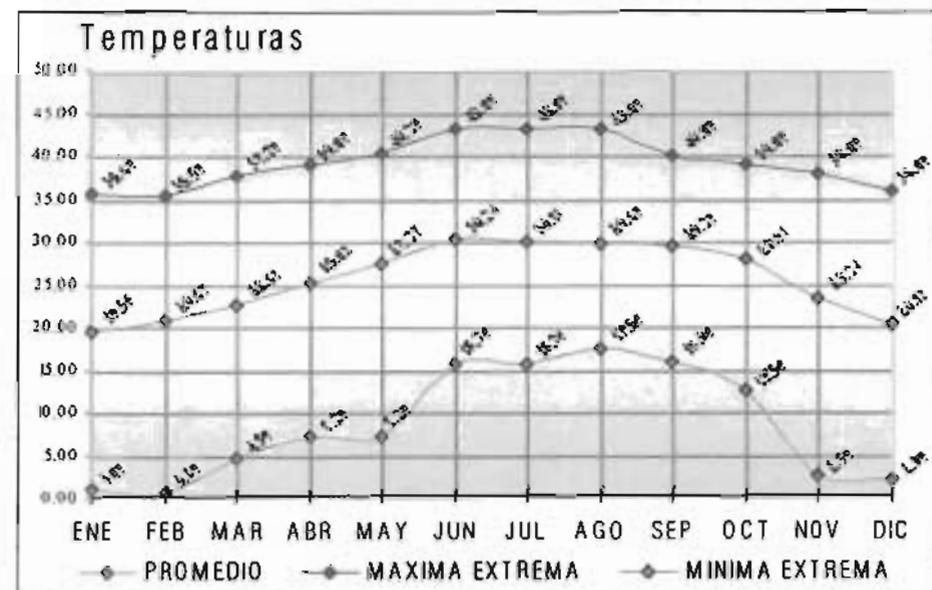


Imagen 25. Temperaturas máximas extremas, promedios y mínimas extremas en Culiacán

Temperatura máxima absoluta (35,6°C) Es el más alto registro obtenido dentro del periodo señalado. Es decir, que en los 17 años estudiados, alguna de los días de los correspondientes meses de enero (por ejemplo) el termómetro alcanzó la temperatura de 35,6° -máxima extrema del mes de enero- [imagen 25 y anexo 15].

Temperatura mínima absoluta (1°C) Es el más bajo registro obtenido dentro del periodo señalado. Es decir, que en los 17 años estudiados en algún momento en el mes de enero (por ejemplo) el termómetro alcanzó la temperatura de 1°C -mínima extrema del mes de enero- (imagen 25 y anexo 15).

Registros de temperatura y humedad De los días tipo de cada mes, se analiza su comportamiento con registros cada media hora de las 00:00 hrs. hasta las 23:30 hrs. Los 48 registros del día, ya graficados, ofrecen un panorama claro del comportamiento durante el día y la noche en cada uno de los doce meses. (Imagen 26 y anexos 3-14)

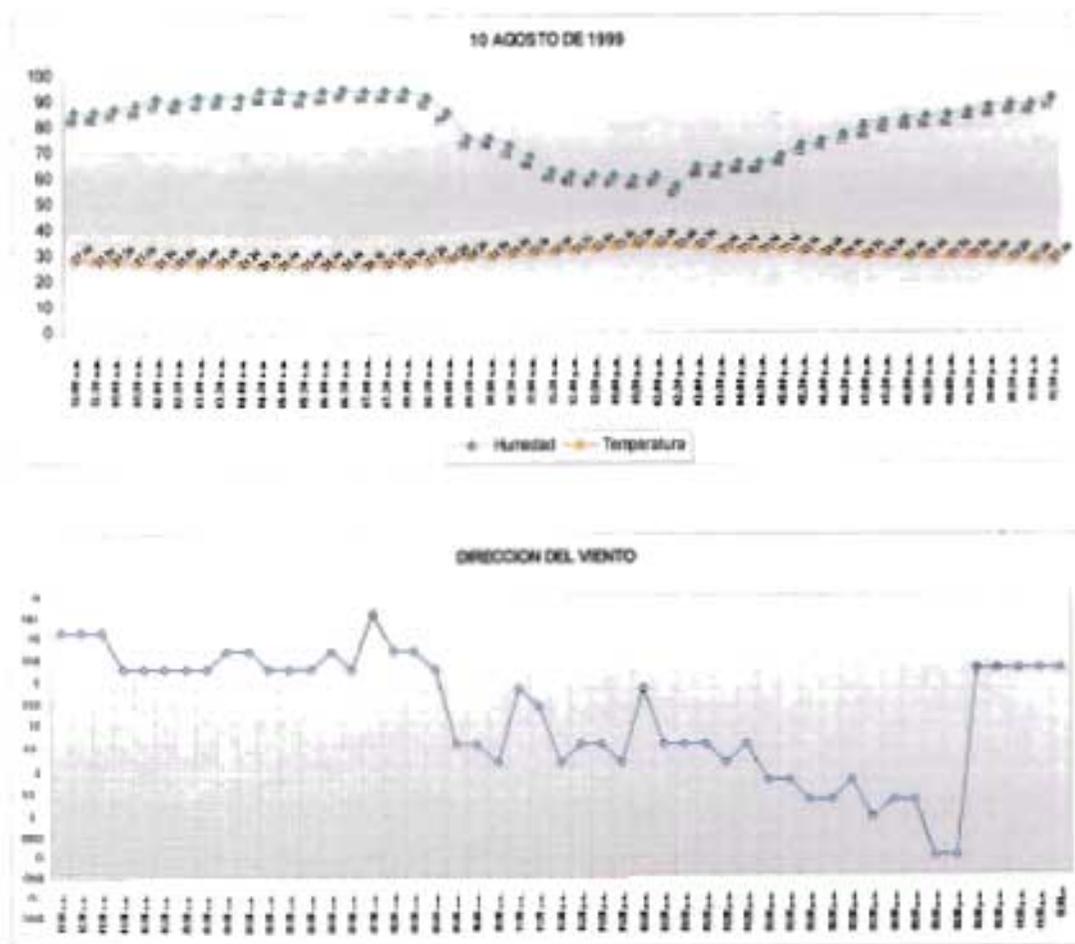


Imagen 26. Temperatura, humedad relativa y vientos en el día tipo del mes de agosto (10 de agosto de 1999). Ver todos los meses en anexos 3-14.

1.3.4.5 Humedad relativa

"La humedad absoluta es la cantidad de gramos de vapor de agua existente en un metro cúbico de aire. Por tanto, la humedad absoluta constituye la densidad del vapor de agua existente en el aire"³³. Por su parte, "la humedad relativa es la relación -expresada en porcentaje- entre la cantidad de vapor de agua realmente existente en la atmósfera y la que existiría si el aire estuviera saturado a la misma temperatura."³⁴

Existen diversas formas de expresar la humedad del aire, entre ellas las más comunes para fines de diseño arquitectónico son la humedad absoluta y la humedad relativa.

Para medir la sensación de comodidad, la presentación a la que se le dio seguimiento -por ser la que tiene lectura más asequible- es la humedad relativa, que se le llama así porque "el aire tiene la característica de poder retener mayor contenido de humedad a mayor temperatura"³⁵.

Este parámetro impacta a gran escala en muchos de los momentos de sensación de incomodidad térmica en la ciudad de Culiacán, ya sea con alta o baja temperatura del aire, y ha

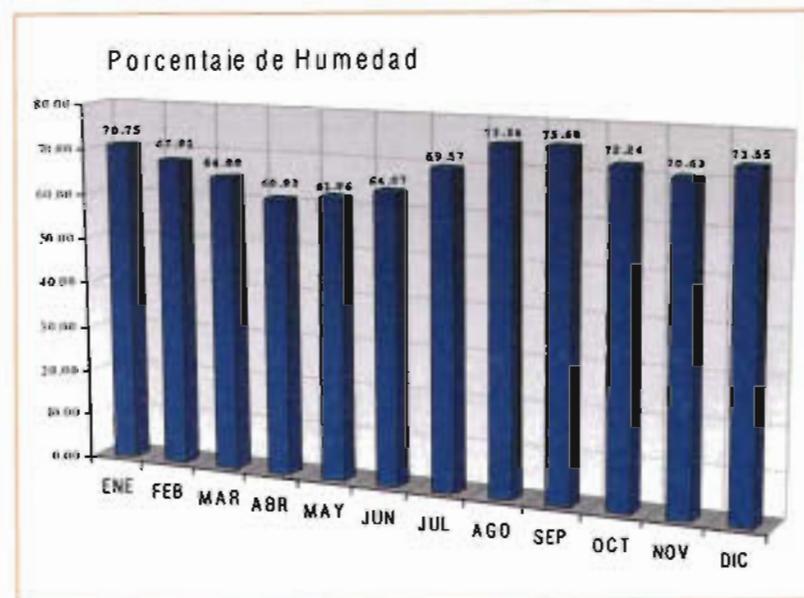


Imagen 27. Porcentaje de humedad relativa, Culiacán Sin.

ocasionado la necesidad de reconsiderarse la forma de interpretar el color, y particularmente la sensación de comodidad. Rodríguez Viqueira plantea al respecto: "La humedad relativa es una manifestación de energía del aire (calor latente) relacionada de manera directa con la temperatura y puede afectar nuestra percepción de confort."³⁶

Para visualizar el comportamiento de la humedad relativa promedio a lo largo de los meses del año en la ciudad de

³³ Ayllon, Opus cit. p 121

³⁴ ídem

³⁵ Rodríguez Viqueira, Manuel. *Introducción a la arquitectura bioclimática*, Limusa/ Noriega Editores, 2001, México, D.F. p 19

³⁶ ídem

Culiacán se analizaron los promedios generales de un periodo de 13 años³⁷, mismos que dentro del periodo general de 17 años tenían la información completa en este parámetro. Esto da una visión muy generalizada de la cantidad de humedad relativa en la ciudad, ya que los registros son muy variables, a lo largo de las 24 hrs. del día, al igual que la temperatura (Imagen 27 y anexo 16).

Registro de humedad relativa del día tipo

La lectura más ilustrativa para aplicación en el diseño arquitectónico es la que nos muestra el comportamiento de la humedad relativa a lo largo de las 24 hrs. del día, para lo cual se recurre a los registros de los 12 días tipo obtenidos en el capítulo 3.5.2, basados precisamente en el comportamiento promedio de la humedad relativa y la temperatura. De los días tipo de cada mes, se analiza su comportamiento con registros cada media hora de las 00:00 hrs. hasta las 23:30 hrs, los 48 registros del día, ya graficados, ofrecen un panorama claro del comportamiento durante el día y la noche en cada uno de los doce meses (Imagen 26 y anexos 3-14).

1.3.4.6 Índice de calor

El índice de calor o temperatura aparente se define como "la temperatura percibida por un individuo; es decir, este índice es en

realidad una temperatura ambiental corregida y equivalente, que refleja el efecto de la temperatura y la humedad ambiental sobre la fisiología humana."³⁸

| Temperatura del aire en °C | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| Índice de calor en °C | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 21 | 22 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 |
| 10 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 33 |
| 20 | 22 | 24 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 33 | 35 |
| 30 | 22 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 33 | 35 | 37 |
| 40 | 22 | 24 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 35 | 37 | 40 |
| 50 | 24 | 25 | 26 | 27 | 29 | 30 | 31 | 33 | 35 | 37 | 40 | 44 |
| 60 | 24 | 25 | 27 | 28 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 | 40 | 44 | 51 |
| 70 | 25 | 26 | 27 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 | 40 | 44 | 51 | |
| 80 | 25 | 27 | 28 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 | 44 | 51 | | |
| 90 | 26 | 27 | 29 | 31 | 34 | 37 | 40 | 45 | 51 | | | |
| 100 | 26 | 28 | 30 | 33 | 36 | 40 | 45 | 51 | | | | |

Imagen 28. Índice de calor de acuerdo con la temperatura del aire y la humedad relativa del mismo. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Este término o esta forma de interpretar el calor, tomando en cuenta conjuntamente temperatura y humedad relativa, resultó de la inequitativa forma de medir la sensación de calor –donde solo toma en cuenta la temperatura– por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y con ello diferenciar tarifas eléctricas de verano para cada zona del país (Imagen 28).

³⁸ Pensa Viscarra, Ramón. Fundamentos para que la Comisión Federal de Electricidad aplique la tarifa doméstica de verano 1F para el estado de Sinaloa, Universidad Autónoma de Sinaloa, 2002, p. 13.

³⁷ obtenidos del SMN, del periodo de 13 años (1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1983, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990).

El 26 de mayo de 1995, la CFE propuso al Congreso de la Unión una reestructuración de las tarifas (1, 1a, 1b, 1c, 1d y 1e) de acuerdo con las temperaturas promedio máximas registradas durante dos meses continuos, pero en ningún momento se tomó en cuenta el parámetro de la humedad como un factor que define también la sensación de frío o calor, como lo afirma Rafael Serra: "...en condiciones de alta humedad, la comodidad térmica resulta mucho más difícil. Incluso en condiciones cercanas a las del aire saturado, las personas pasan directamente de

experimentar sensación de bochorno, a la incomodidad del frío, sin puntos confortables intermedios en toda la gama de variación de la temperatura del aire."³⁹

No fue sino hasta 2002 cuando la reestructuración de las tarifas eléctricas registra un incremento notorio que genera inconformidad social en diversas ciudades del estado de Sinaloa y desencadena en un movimiento importante en diversos sectores gremiales para luchar por obtener el reconocimiento de la CFE de que las condiciones climáticas de las ciudades más importantes de la entidad son sumamente adversas y se requiere de altos consumos de energía eléctrica para contrarrestar su impacto.

Dos valoraciones surgen de esta situación:

- Tomar en cuenta sólo la temperatura del aire para determinar las condiciones de comodidad de un lugar es un error, sobre todo si se requiere para definir cuánta energía se requiere para contrarrestar la severidad del clima del lugar. La cantidad de humedad en el aire debe ser tomada en cuenta para medir estas necesidades.
- En contraparte, es importante reconocer que la arquitectura de las últimas décadas construida en la ciudad de Culiacán ha dado la espalda a las soluciones que existen para contrarrestar o prescindir del uso de

| Categoría | Índice de calor | Síntoma |
|-----------|-----------------|---|
| I | 54°C o más | Hipertermia o insolación inminente |
| II | 41 a 54° C | Insolación, calambres o contracciones musculares, o agotamiento. Con exposición prolongada y actividad física, la insolación es posible |
| III | 32 a 41° C | Insolación, calambres, y posible agotamiento con exposición prolongada y actividad física |
| IV | 27 a 32° C | Fatiga posible con exposición prolongada y actividad física |

Imagen 29. Categoría que indica los riesgos para la salud. NOAA.

³⁹ Serra, Rafael. *Arquitectura y clima*. Gustavo Gili, Barcelona, 1999, p. 22.

costosos equipos de refrigeración que requieren de niveles de energía también costosos.

Los índices de calor los mide el NOAA⁴⁰ y con estos valores a su vez maneja cuatro categorías que indican los riesgos para la salud que pueden causar las condiciones de humedad y temperatura elevadas (Imagen 29).

Las valoraciones mensuales son obtenidas del estudio realizado por Ramón Peraza –basado en los indicadores del NOAA- (Imagen 28 y 29) y con la misma conversión se plantea la situación cada media hora en los 12 días tipo que se utilizan en este estudio (anexos 17, 18 y 19)

1.3.4.7 Viento

El viento no es otra cosa más que el AIRE EN MOVIMIENTO, "generado por las diferencias de presión y de temperaturas atmosféricas, que son causadas por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre."⁴¹

"El viento es participe importantísimo de la presencia de los diversos climas en la Tierra, de los cambios estacionales en cada

⁴⁰ National Oceanic and Atmospheric Administration

⁴¹ García Chávez, JR, y Fuentes F., V. citado por Rodríguez García, Humberto, Sandoval Martín y María de Lourdes. Viento, Análisis de sitio. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F., 1995, p.15.

sitio, de diversos fenómenos meteorológicos (nubosidad, precipitaciones, tornados, granizo, etc.), en una relación intensa

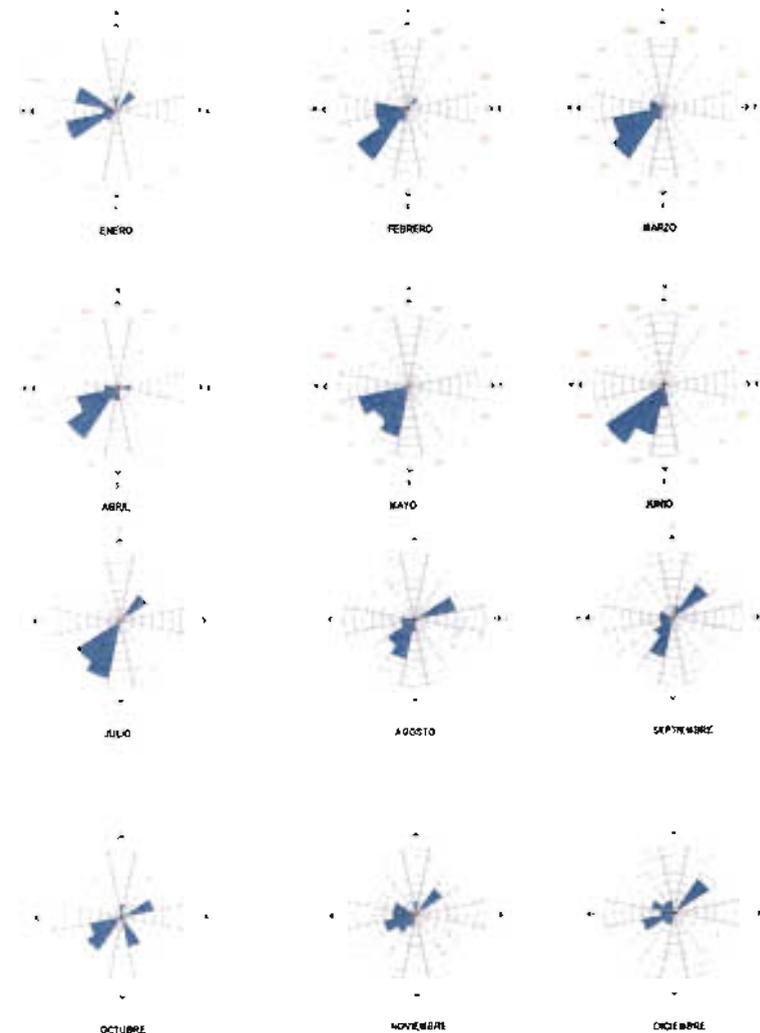


Imagen 30. Vientos dominantes por meses. Culiacán, Sinaloa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

can el Sol –cuyo aporte energética es lo que da origen a la existencia del viento.”⁴²

Dadas los problemas fundamentales de incomodidad térmica que existen en la ciudad de Culiacán la mayor parte del año y de las horas del día, **el viento se presenta como el elemento del clima más apropiado para contrarrestar estos momentos.**

La elevada temperatura y la elevada humedad del aire es posible reducirlas con una buena datación de viento a determinada temperatura y velocidad. Para ello es indispensable saber el origen de los vientos dominantes, ya que la dirección y la velocidad son cambiantes, por lo mismo se optó por relacionar el viento con más frecuencia durante cada mes del año y su velocidad promedio, durante el periodo en que se tuvieron los registros completos.⁴³

De ella surgieron dos valores para cada mes: primer dominante y segunda dominante, donde se registra sólo la dirección de donde proviene el viento (Imagen 30 y anexo 20).

Para estudiar el comportamiento de viento –y sus variantes- durante las 24 hrs. de día, se presentan todos los valores del comportamiento del viento, particularmente su origen, durante las 24 horas de los días tipo de cada mes⁴⁴, tomando en cuenta que los días antes mencionados fueron seleccionados mediante un sistema en el que el promedio del comportamiento de la humedad relativa y la temperatura del aire combinados fueron la base para su definición.

Por lo tanto, esto no necesariamente definirá las direcciones de viento de estos gráficas como direcciones fijas para cada mes, pero podemos considerarlo como una tendencia significativa (Imagen 26 y anexos 3-14).

1.3.4.8 Precipitación pluvial

“Precipitación es la caída de agua de las nubes, en estado líquido o sólido. Para que se produzca es necesario que las pequeñas gotas de la nube se unan para formar gotas más grandes que venzan la resistencia del aire y caigan.”⁴⁵

La precipitación pluvial tiene bastante trascendencia en la ciudad de Culiacán, ya que su aprovechamiento generó el desarrollo económico de la región y a su vez convirtió al valle de Culiacán en una de las zonas agrícolas más productivas del país.

⁴² Rodríguez García Humberto, Sandoval Martínón María de Lourdes. Viento, Análisis de sitio Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F., 1995, p.15.

⁴¹ Obtenidos del SMN, del periodo de 14 años, compuesto de los siguientes años: 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1978, 1983, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989 y 1990).

⁴⁴ Ver método del proceso para la obtención del día tipo, Capítulo 3.5.2.

⁴⁵ Ayllón, Teresa, Opus cit, p. 139

La ingeniería hidráulica generó la posibilidad de distribuir el vital líquido durante todo el año, ya que la región se caracteriza por presentar una época muy definida de lluvias y otra muy prolongada de sequía.



Imagen 31. Isoyetas del estado de Sinaloa.

"La orografía juega un papel decisivo en la distribución de las lluvias en Sinaloa. En el mapa de isoyetas de la Imagen 31, éstas corren paralelas al litoral y aumentan en el centro/sur de la entidad de 400 mm. En la costa, hasta alcanzar por levantamiento orográfico más de 1000mm en las partes altas de la Sierra Madre

Occidental (SMO). Hacia el extremo más seco del NW de Sinaloa el gradiente este/oeste de isoyetas es menos acentuado." ⁴⁶

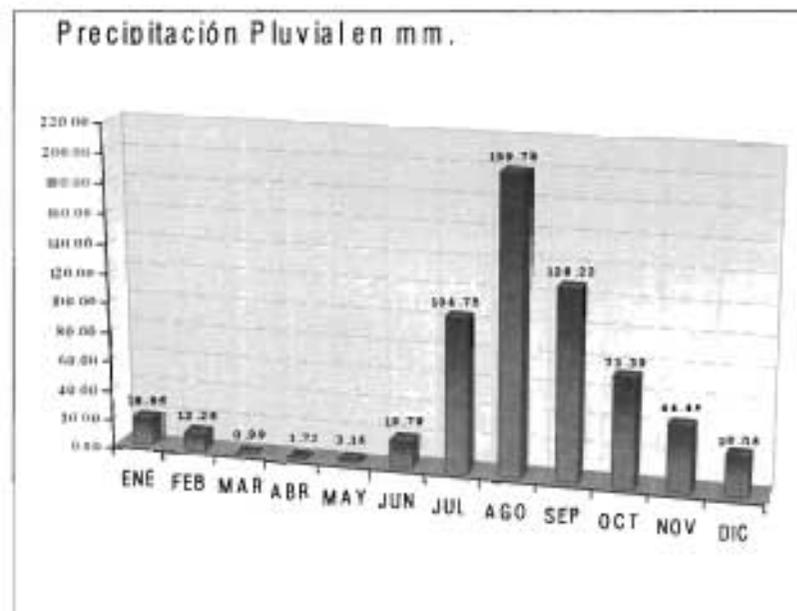


Imagen 32. Precipitación pluvial promedio por meses. Periodo de 1970-1992.

Esta descripción de Jáuregui explica la ubicación geográfica de Culiacán y las condiciones de transición entre los diversos biomas que componen al estado de Sinaloa, puesto que se encuentra en la transición de un ambiente costero y uno serrano, y a su vez entre una selva húmeda y el desierto. Estas condiciones generan un variado comportamiento de las lluvias.

⁴⁶ Jáuregui Ostos, Ernesto. El clima de Sinaloa, p. 53, en Cifuentes Lemus, Juan Luis y Gastiño López, José. Atlas de la Biodiversidad de Sinaloa. Colegio de Sinaloa, 2003, Culiacán Sinaloa. P. 54

De acuerdo con las imágenes 32 y 33 obtenidas de los comportamientos del periodo estudiado de 17 años, se observa que el mes de agosto⁴⁷ es el que presenta mayor registro de lluvias. También los meses de julio, septiembre y octubre presentan buena cantidad de precipitación, estos dos últimos meses acentuados por la incursión esporádica de ciclones y huracanes⁴⁸ que aportan grandes cantidades en pocas horas.

En la tabla de la imagen 33 se observan también las variantes que se pueden presentar en diversos años:

- De noviembre de 1974 a junio de 1975 no se registró un solo milímetro de lluvia.
- En septiembre de 1975 se registra dentro del periodo uno de los mayores registros de este mes: 217.70mm; el mismo año, en octubre, registra 4.3mm y

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTA |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1971 | 7.80 | 3.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 78.70 | 109.30 | 154.50 | 208.00 | 223.40 | 3.80 | 28.40 | 867.1 |
| 1972 | 28.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.70 | 9.20 | 172.10 | 559.00 | 258.80 | 227.80 | 37.70 | 36.00 | 1317.6 |
| 1974 | 0.20 | 98.40 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 36.00 | 126.20 | 149.30 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 421.1 |
| 1975 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 110.00 | 113.00 | 217.70 | 4.30 | 111.60 | 37.60 | 584.2 |
| 1976 | 0.00 | 9.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 102.20 | 308.60 | 65.50 | 6.90 | 1.40 | 0.20 | 508.9 |
| 1978 | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.30 | 0.00 | 130.30 | 170.90 | 221.80 | 183.80 | 144.30 | 87.90 | 6.80 | 917.1 |
| 1982 | 0.00 | 28.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 140.00 | 193.60 | 138.40 | 105.00 | 1.20 | 38.40 | 646.3 |
| 1983 | 16.30 | 16.60 | 14.50 | 11.70 | 4.30 | 0.00 | 102.20 | 272.10 | 46.40 | 14.10 | 137.10 | 41.10 | 678.4 |
| 1985 | 19.50 | 0.00 | 0.10 | 0.30 | 0.00 | 22.70 | 124.70 | 149.60 | 40.30 | 102.80 | 1.50 | 0.20 | 461.7 |
| 1986 | 13.10 | 3.00 | 0.00 | 14.50 | 0.00 | 34.00 | 242.60 | 111.40 | 91.60 | 243.70 | 0.00 | 11.30 | 767.2 |
| 1987 | 0.70 | 0.30 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 27.30 | 132.10 | 122.60 | 12.70 | 4.40 | 63.40 | 365.3 |
| 1988 | 0.00 | 0.00 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 41.10 | 64.50 | 178.10 | 177.70 | 0.00 | 0.00 | 23.80 | 487.9 |
| 1989 | 6.50 | 10.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 73.10 | 240.10 | 21.00 | 16.80 | 102.60 | 22.50 | 493.5 |
| 1990 | 6.70 | 10.10 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 9.90 | 84.40 | 136.70 | 177.30 | 91.20 | 80.60 | 57.10 | 634.3 |
| 1991 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 60.70 | 137.60 | 122.70 | 10.40 | 123.40 | 101.70 | 557.2 |
| 1992 | 184.80 | 28.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 117.00 | 198.00 | 28.60 | 9.60 | 4.80 | 7.80 | 586.5 |
| 1993 | 8.20 | 3.20 | 0.00 | 0.00 | 4.70 | 2.80 | 13.70 | 126.80 | 130.10 | 32.00 | 58.00 | 0.00 | 379.5 |
| Promedio | 18.06 | 12.24 | 0.09 | 1.77 | 3.16 | 14.78 | 104.75 | 200.71 | 126.22 | 73.36 | 44.46 | 28.063 | 635.51 |

Imagen 33. Total de precipitación pluvial por meses de un periodo de 17 años, entre 1971 a 1993. Culiacán Sinaloa.

noviembre | 11.60 -también una de las mayores de este mes en el periodo.

- El promedio anual es de 635.51 y en un solo mes, agosto de 1972, se registran 559 mm.
- En octubre, la precipitación puede ser considerablemente variada, como se aprecia: octubre de 1986, 243.7mm y octubre de 1988, 0mm.
- La máxima precipitación del periodo es de 1367mm, en 1972, y la mínima de 365.5mm, en 1987.

⁴⁷ Las lluvias que ocurren en forma repentina entre finales de junio y se prolongan hasta septiembre, en Sinaloa están asociados a un fenómeno regional llamado el monzón mexicano, que afecta al Noroeste del país, así como al estado de Arizona (Douglas et al., 1993). Durante estos meses se establece una corriente del sur de aire húmedo del Pacífico, que con el calentamiento de las montañas de la Sierra Madre Occidental propicia la inestabilidad atmosférica en la región, favoreciendo la formación de nubes convectivas y tormentas eléctricas que se resuelven en lluvias generalizadas intensas. Jauregui Ostros, Ernesto. El clima de Sinaloa, en Cifuentes Lemus. Opus cit. p.54

⁴⁸ Las costas de Sinaloa se encuentran expuestas al arribo de perturbaciones y ciclones tropicales. Es alta la incidencia de estos fenómenos, siendo en promedio para el periodo de 39 años de 11 tormentas y ciclones por año. Sin embargo, su frecuencia ha declinado marcadamente (56%) en las últimas dos décadas del siglo XX. Ibidem p.56

- 11 de los 17 años del periodo no registran lluvias en marzo, haciendo de este mes el de menos probabilidades de precipitación (imagen 32 y 33)

Cíclicamente, el llamado Fenómeno del niño deja en Culiacán lluvias excesivas que generan problemas tales como la insuficiencia de sus presas para retener toda el agua, y se tiene que liberar grandes cantidades del líquido, lo cual genera problemas de inundaciones en los centros urbanos al desbordarse los ríos.

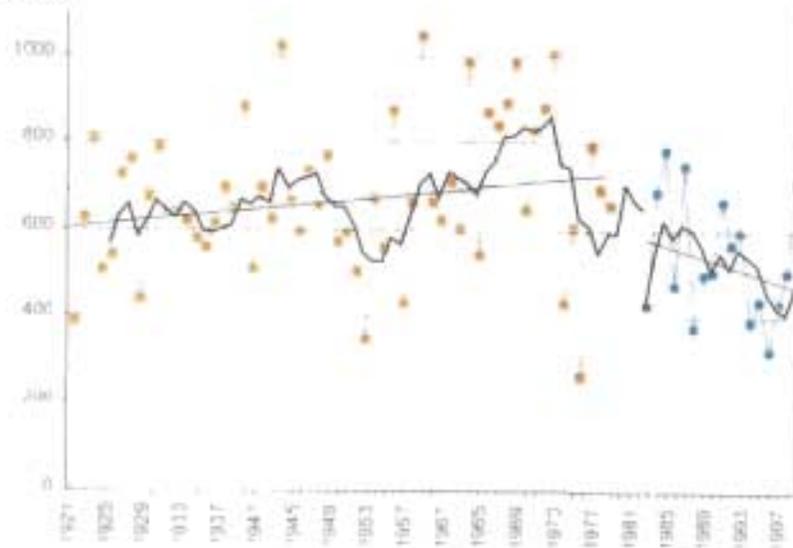


Imagen 34. Precipitación pluvial en Culiacán, Sinaloa de 1921 a 1997³⁵

"Las lluvias en la entidad provienen de nubes convectivas, generalmente de gran desarrollo vertical, y están asociadas a tormentas eléctricas que resultan en chubascos intensos, por lo que no es infrecuente que la precipitación colectada en 24 hrs. sea entre 100 a 150mm/h en Culiacán y a más de 250mm/h en Mazatlán."⁴⁹

En síntesis, y como se ha presentado históricamente en la ciudad de Culiacán, la precipitación es un fenómeno que presenta muchas variables, provoca inundaciones en sitios mal planeados, y el desbordamiento de los ríos -a pesar de las obras hidráulicas- seguirán siendo noticia mientras no se atiendan las leyes de la naturaleza, que han reinado por muchos siglos y que no son conjeables por caprichos espontáneos de urbanizadores oportunistas.

En noviembre de 2004, el río Tamazula se desbordó en zonas urbanas de la ciudad de Culiacán, y continúa así el "reclamo" de su cauce natural. El 2004 fue un año con mucha precipitación, atribuible al "Fenómeno del niño"; sólo el día 26 de octubre se registró una precipitación de 152.8mm⁵⁰ y, al igual que sucedió en el invierno de 1991-1992 (la fecha más reciente de inundaciones por esta causa), se prevé un invierno húmedo y frío.

⁴⁹ *Ibidem*, p. 54

⁵⁰ Sanchez, Rogelio. Laboratorio de Medio Ambiente de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa

3.4.9 Comodidad térmica en Culiacán

"Está comprobado que a medida que el clima se hace más incómodo, la gente se hace más irritable y disminuye drásticamente su capacidad de efectuar eficientemente las tareas físicas y mentales. En especial cuando el tiempo está demasiado húmedo y cálido. La manera más práctica de combatir estos efectos adversos del clima es la utilización de equipos de aire acondicionado, abanicos y equipos refrigerantes en general en casas, escuelas oficinas, etc. Estas medidas generan indiscutiblemente mayor consumo de electricidad y, por consiguiente, encarecen la vida de la población."⁵¹

Esta definición de Ramón Peraza fue utilizada para justificar la necesidad de atender el problema económico y social que genera la intensa demanda de energía eléctrica de buena parte de la población, a causa del erróneo diseño arquitectónico en el que poco se atienden las condiciones climatológicas del lugar. Con ello, los diseñadores reducen la solución al uso excesivo de equipos adicionales de climatización que ofrece el mercado

Peraza expresa que eso es la "manera práctica de combatir los efectos adversos", que a fin de cuentas es el pago por los errores del arquitecto diseñador del edificio en cuestión.

Para profundizar en el estudio y la posible solución a lo anteriormente expuesto, es necesario partir de la definición propia de lo que aquí llamaremos *comodidad térmica* o *confort térmico*, que es la sensación física y psicológica que generan las condiciones térmico-ambientales de un lugar sin que se tenga la sensación de de calor o de frío. Esto está regido por lo que Fernando Tudela llama "las tres variables microclimáticas fundamentales"⁵²:

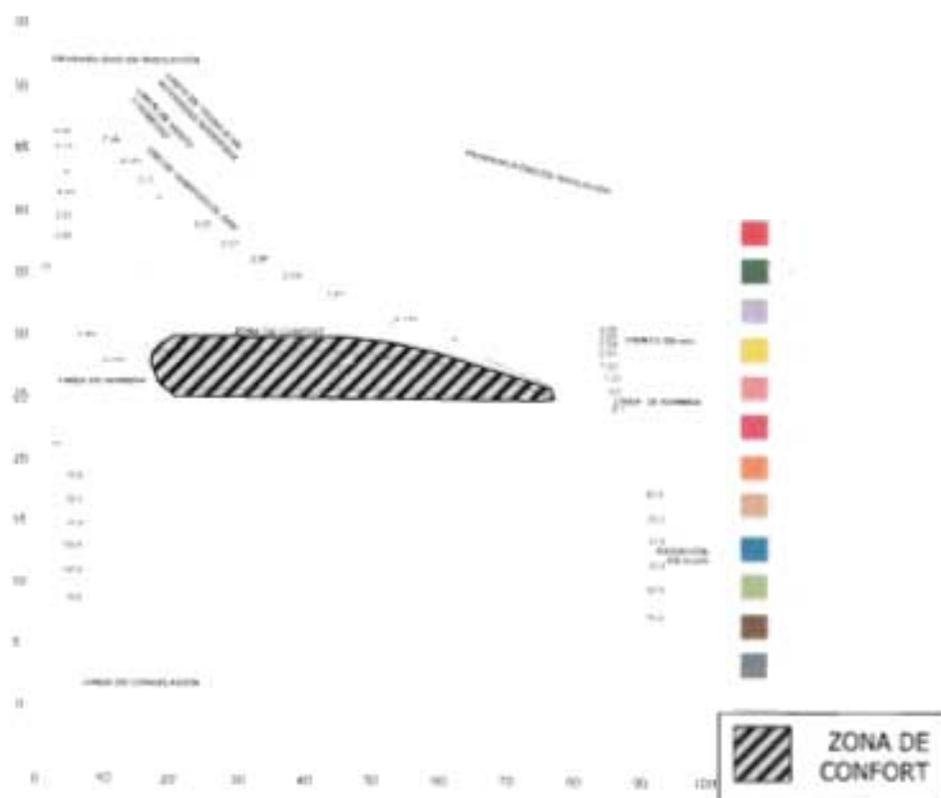
- a) La temperatura del aire y de las superficies que configuran el entorno físico (incluida en este rubro la radiación).
- b) La humedad relativa del aire, factor que condiciona la evaporación.
- c) El movimiento del aire, factor que permite la efectividad de los mecanismos anteriores.

Existen varias teorías para definir el grado de comodidad térmica de un lugar, siempre dependiendo de las condiciones generales del clima del lugar y los grados de aclimatación de quien vive en cada lugar. Es decir, la sensación de comodidad térmica en

⁵¹ Peraza Vizcarra Ramón Fundamentos para que la Comisión Federal de Electricidad aplique las tarifas domésticas de verano IF para el estado de Sinaloa, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán Sinaloa, 2002, pp.14, 15.

⁵² Tudela, Fernando, *Opus cit.*, pp. 30 y 31





gen 35. Gráfica de Olgay con los 12 días tipo de cada mes.

grados centígrados de temperatura será muy diferente para una persona que vive en Londres que para una que viva en Brasilia.

En función de la temperatura y la humedad térmica de un lugar, Víctor Olgay maneja las diversas versiones dependiendo del lugar donde se calcula el grado de comodidad térmica:

"Vernon afirma que las temperaturas ideales, con poco movimiento del aire, menos de 0,25 m/s, son: 19°C en verano y 17°C en invierno. Bedford sitúa la temperatura interior ideal en 18°C durante el invierno y define una zona de confort entre los 13 y los 23 °C."³³

"El estándar alemán se sitúa en 20.8 °C, con un 50% de humedad relativa."³⁴

"Markham propone un margen de temperatura entre los 15.6 y los 24.4°C como zona de confort ideal, con una humedad relativa al mediodía entre el 40% y el 70%."³⁵

Brooks declara que la zona de confort británica oscila entre los 14 y los 21.1 °C; en Estados Unidos dicha zona de confort se sitúa entre los 20.56 y los 26.7 °C; en los trópicos entre los 23.3 y los 26.7°C, con una humedad relativa entre el 30% y el 70%."³⁶

³³ Bedford, T. (1950) citado por Olgay, Víctor. *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático Para Arquitectos y Urbanistas*. Gustavo Gili, Barcelona, 1998. p.17.

³⁴ Klima, Walter (1938), citado por Olgay, Víctor. *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático Para Arquitectos y Urbanistas*. Gustavo Gili, Barcelona, 1998. p.17.

³⁵ Markham, S.F. (1947), citado por Olgay, Víctor. *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático Para Arquitectos y Urbanistas*. Gustavo Gili, Barcelona, 1998. pp. 17 y 18.

³⁶ Brooks, Charles Ernest P. (1950), citado por Olgay, Víctor. *Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático Para Arquitectos y Urbanistas*. Gustavo Gili, Barcelona, 1998. p. 18.

Todas estas aseveraciones se realizaban evidentemente con poca consideración hacia las zonas tropicales, aun la definición de Brooks en la que ya nombra a los trópicos, deja muy reducido su margen.

Olgay, para fines de utilizar su gráfica bioclimática, adopta las definiciones de Brooks para Estados Unidos y define que "para aplicar la gráfica de regiones climáticas en zonas alejadas de los 40° de latitud, la línea del perímetro de confort de verano debe elevarse aproximadamente 2.5°C cada 5° de latitud hacia latitudes inferiores. El perímetro superior puede elevarse proporcionalmente, pero sin sobrepasar los 29.4°C."⁵⁷

Una definición, tal vez más general pero más actual, es la de Rafael Serra: "En general hoy que hablar de temperaturas del aire entre 15 y casi 30° C con humedades entre 40 y 80% de la saturación para cada temperatura."⁵⁸

Auliciems plantea una fórmula para poder determinar la zona de confort basado en la temperatura media del mes más cálido que resulta más convincente por su posibilidad de adaptar a las características propias del lugar y en este caso en particular. "La zona de confort térmico de un sitio en particular se determina con la siguiente fórmula:

⁵⁷ Olgay, Victor, Opus cit, p. 19.

⁵⁸ Serra, Rafael, Opus cit, p. 22

$$ZCT \text{ local} = T_n \pm 2.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

En donde T_n corresponde a la Temperatura Neutra, la cual se obtiene con la siguiente fórmula:

$$T_n = 17,6 + 0,31 \text{ Temperatura media del mes más cálido}^{59}$$

Para el caso de Culiacán en grado de confort según Szokolay, quedaría así:

$$ZCT \text{ Culiacán} = 17,6 + 0,31 (29,69) \pm 2,5$$

$$ZC \text{ Culiacán} = 26,8039 \pm 2,5$$

$$ZC \text{ Culiacán} = <29,3093 \text{ y } >24,3093$$

*temperatura media del mes más cálido (agosto) (ver Imagen 25 o anexo 15)

Esto queda dentro del rango de comodidad como lo define Olgay de no pasar los 29.4°C y la de Serra de casi los 30°C.

Con este margen de comodidad térmica se registran los valores de los días tipo de cada mes para determinar las condiciones particulares de cada uno, que serán valorados en el capítulo siguiente.

1.3.4.10 Posibles escenarios climáticos para la ciudad de Culiacán

De acuerdo con los datos ya procesados y presentados en diversas tablas y gráficas se pueden definir una serie de situaciones

⁵⁹ Rodríguez Viqueira Opus cit, p.24.



que, una vez ocurridas, existe la probabilidad de que sucedan de nuevo y por consiguiente deben ser consideradas como **POSIBLES ESCENARIOS CLIMÁTICOS PARA LA CIUDAD DE CULIACÁN.**

1. Los valores medios de temperatura registrados y comparados con otros tres lugares con latitudes diferentes, evidencian un periodo de **siete meses (abril a octubre) por arriba de los 25° C** de promedio.
2. En relación con los otros lugares (Helsinki a 60° Lat. Norte, Marsella 43° Lat. Norte y Manaos, en la zona tropical, cerca del Ecuador a 3° Lat. Sur), la curva tiene un comportamiento lógico de mayor temperatura en general, con excepción de Manaos, donde permanece una temperatura prácticamente constante pero sin rebasar los mayores promedios mensuales de Culiacán. Es importante en esta gráfica hacer notar la prolongación de la "planicie" sobre la curva, a consecuencia del prolongado periodo de elevadas temperaturas en la ciudad (Imagen 24)
3. En cualquier mes, en Culiacán la **temperatura máxima extrema puede rebasar los 35° C**, muy por encima del margen de comodidad térmica.
4. Durante **cinco meses (de mayo a septiembre) la temperatura máxima extrema alcanza o rebasa los 40 ° C.**

5. La **temperatura mínima extrema puede bajar de los 5° C, en cinco meses** del año (de noviembre a marzo)⁶⁰
6. Durante **cinco meses (de junio a septiembre)** la temperatura **mínima extrema no baja de 15 ° C.**
7. La **temperatura está por encima de los rangos de comodidad térmica de las 10:00 a las 18:00 hrs. durante seis meses** seguidos (de mayo a octubre).
8. La **temperatura está por encima de los rangos de comodidad térmica, por lo menos cinco horas, durante ocho meses** del año (de mayo a noviembre).
9. La **humedad relativa promedio está por arriba de los 65%** durante **ocho meses del año** (de julio a febrero).
10. Valorando conjuntamente la **temperatura y la humedad relativa** y de acuerdo a los rangos de comodidad térmica valorados en el capítulo, (entre los 24.3° C y 29.3° C, con humedad relativa entre los 30 y 70%) se observa lo siguiente:
 - 10.1. De los 576 momentos registrados (media hora de cada día tipo de cada mes), 99 cumplen con los rangos de comodidad térmica, es decir el **17.2% del tiempo total se tiene comodidad térmica.**
 - 10.2. De los 192 registros correspondientes a los meses de junio, julio, agosto y septiembre, sólo 3 cumplen con las

⁶⁰ Durante los meses de noviembre a abril, y aun en mayo, la región del Noroeste del país (y por tanto Sinaloa) se encuentra bajo la influencia de masas de aire frío provenientes de Nortamérica (Jáuregui, 1981). Los pasajes frontales están ligados a un descenso ligero de temperatura, aumento de nubosidad, escasas precipitaciones y vientos de moderados a fuertes (50 a 70 Km /h) del oeste-noroeste durante los meses de noviembre a abril. La intensidad de estos vientos declina una vez que pasó el frente. Jáuregui Ostos, Ernesto. Opus cit., p. 54.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

condiciones de comodidad térmica, es decir el **98.5% del tiempo de esos cuatro meses** se tiene algún factor fuera del rango de comodidad térmica.

11. A partir de la medición de los índices de calor equivalencia, Ramón Peroza plantea los índices de calor y grados de riesgo para la salud en la temporada cálida (durante el periodo 1996-2001) cuando los promedios mensuales de índice de calor oscilaron en Culiacán entre 25.6° C en mayo del 2001 a 37.4° C en julio de 1997. Los promedios menores se presentan en mayo y los mayores (arriba de 34° C) predominan durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre. El grado de riesgo para la salud se mantuvo en la categoría III, con la excepción de los meses de mayo y octubre, cuando alcanzan la categoría IV."⁶¹
12. Según la clasificación de índice de calor y las categorías que presenta el NOAA, **todas las horas de los días tipo reales de junio, julio, agosto y septiembre, presentan situaciones de riesgos de salud**, con registros de la categoría IV, III y hasta II.
13. El mes que más presenta la categoría II de riesgo a la salud, es **el mes de junio**.
14. El mes que presenta casi todas sus horas entre la categoría III y II es el **mes de septiembre**.
15. Sólo en el **mes de diciembre** no se presenta una situación de riesgo (por calor) para la salud en la ciudad de Culiacán.

16. **11 de los 12 meses** del año se registran los principales **vientos dominantes** originados del cuadrante comprendido entre el **sur y el oeste** (S, SO, O, SSO, OSO)
17. De las direcciones que se indican en los días tipo reales se deduce que la dirección del viento dominante se presenta **en la tarde**. Si consideramos las doce horas de la tarde a partir de las 11:00 hrs.(que es cuando generalmente se registra el cambio de dirección del viento)hasta las 23:00 hrs. se observa que la mayor frecuencia de dirección del viento es como sigue:
 - Oeste (86 casos)
 - Suroeste (56 casos)
 - Oeste suroeste (43 casos)
 - Oeste Noroeste (36 casos)
18. En las horas matutinas y nocturnas (de 23:00 a 11:00 hrs.) se observa que la mayor frecuencia se presenta como sigue:
 - Este Noreste (88 casos)
 - Este (46 casos)
 - Noreste (38 casos)
 - Noroeste (36 casos)

⁶¹ Peroza Vizcarra, Ramón, Opus cit,pp 28 y 29

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPÍTULO SEGUNDO

Adecuación de la vivienda
a los aspectos físicos
ambientales de Culiacán

CAPÍTULO SEGUNDO

2 Adecuación de la vivienda a los aspectos físicos ambientales de Culiacán

2.1 Antecedentes de la vivienda en la ciudad de Culiacán

2.1.1 Era prehispánica

La región del valle de Culiacán, antes de la llegada de los españoles, se caracterizaba por la abundante fauna y el agua de los ríos, que formaban un ecosistema propicio para el desarrollo de asentamientos humanos. Los materiales con que los indígenas hacían sus construcciones tenían origen orgánico, perecedero; eran de estructura generalmente frágil y de fácil manufactura.

Como afirma Martín Sandoval: "...de las construcciones que estos pueblos tenían, previa llegada de los colonizadores, podemos decir que eran casas adecuadas perfectamente a las condiciones climáticas de la región, además de ser elaboradas con los materiales que les ofrecía el medio, siendo

éstos la tierra, la madera, la paja y sólo esporádicamente la piedra, ya que al asentarse a la ribera de los ríos estaban sujetos a ser destruidas por las frecuentes inundaciones."⁴²



Imagen 36. Arquitectura vernácula de reminiscencias prehispánicas, construida con materiales de la región, ubicada en El Pozole. JCRC, 1991.

Antonio Nakayama cita un reporte que forma parte de la Cuarta Relación, que fue enviada por los conquistadores al mando de Nuño de Guzmán: "Tienen muy buenas casas, grandes, con unas ramadas grandes delante, donde tejen las mujeres su ropa, y los cercos de las casas son de esteras muy grandes, por respeto del

⁴² Sandoval Bojórquez, Martín. *Luis F. Molina y la arquitectura porfirista en la ciudad de Culiacán*. Diócesis/La Crónica de Culiacán/Ayuntamiento de Culiacán, Culiacán, 2002, p. 24.

mucho calor porque en toda esta tierra es tan caliente y más que la Isla Española".⁴³

Esta tipología arquitectónica, lejos de suponerse efímera, perduró a través de los siglos de la historia de la región como el modelo más adaptado a las condiciones naturales, ya que los materiales se encontraban en la localidad y a prueba de las condiciones climáticas.



Imagen 37. Arquitectura vernácula regional de Sinaloa. El uso del portal y su respectiva extensión a base de entramadas de vara blanca es muy común en zonas rurales. JCRC, 1991

Los materiales ligeros ayudaban a no acumular el calor y los entramados de vara permitían una buena ventilación.

Para tener un perfil de las inclemencias del tiempo en Culiacán desde tiempos remotos, Juan M. Riesgo y Antonio J. Valdés describen el Sinaloa posterior a la Colonia y su forma de vivir con respecto al clima de la siguiente manera: "La ardencia de que hemos hablado se suaviza bastante con las lluvias, y los aires que suelen soplar de la Sierra Madre, pero inmediatamente sobreviene el calor, hasta el extremo de no poderse dormir a puerta cerrada, ni mucho menos en colchones. En la provincia de Sinaloa la mayor parte de las gentes tienden sus camas en corredores abiertos, y los más pobres duermen en campo raso, sin necesidad de cubrirse. Los jornaleros y gentes infelices andan muy comúnmente sin camisa ni calzones, y cubren sus partes sexuales con una especie de cintura de lienza basto a manera de braguero, que suelen llamar taparrabo. Las mujeres se envuelven un pedazo de frezada, que ocasiona el mismo efecto. Este uso trae su origen del calor y de la consiguiente desnudez de los indígenas; de suerte que no se debe atribuir al efecto de una educación viciada, como se observa en México y otros estados."⁴⁴

Esta deducción afirma las necesidades que se tiene en estas tierras de "aligerar" tanto el vestido como la propia vivienda, debido a

⁴³ Ortega, Sergio y Edgardo López Mañón (comps.) *Sinaloa. Textos de su historia*. Gobierno del Edo. de Sinaloa, Difocur/Instituto de Investigaciones Dr. José Ma. Luis Mora, México, D.F. 1987, pp. 84 y 85

⁴⁴ Nakayama, Antonio. *Culiacán*. UAS, Culiacán, 1988.

las altas temperaturas y las consiguientes situaciones de incomodidad térmica durante varios meses del año.

En aquella época las condiciones eran tal vez más soportables por la conservación de los bosques bajos caducifolios y la vegetación



Imagen 38. Río Tamazula en el sector centro de la ciudad de Culiacán. JCRC, 2001

de galería que se desarrollaba en las riberas de los ríos, además de las reducidas alteraciones que se ocasionaban a los elementos y parajes naturales de la región.

La distribución de las viviendas se daba de forma dispersa. Al respecto, Sandoval infiere que "eran más bien pueblos dispersos a lo largo de la ribera de los ríos, ya que hoy no se han encontrado rastros o huellas de un asentamiento estructurado de acuerdo con

los ejes cardinales o en torno a una gran avenida como sucedió con los grandes centros de Mesoamérica."⁴⁵

Realmente no se tienen muchos testimonios directos de las condiciones que tenían las construcciones, pero sí se puede afirmar, de acuerdo con los anteriores autores, que la herencia tipológica no solamente ha permanecido, sino que se ha consolidado como una tipología comprobada climática y ambientalmente como la que menos impacto genera a su contexto natural y que afortunadamente se sigue utilizando en algunos sectores rurales del estado de Sinaloa.

Por lo anterior, y para efecto de esta investigación, me permito analizar algunos modelos de vivienda rural que están apegados a las características antes señaladas, aunque evidentemente no son construcciones que datan de aquella época. Estos modelos, que actualmente se utilizan como viviendas, cumplen usos muy limitados, ya que se componen generalmente de un solo cuerpo de forma rectangular, cubierta inclinada de palma, con una estructura de maderas de la región y paredes de junquillo entramado, en ocasiones cubierto de barro, generalmente con buena ventilación ya que los materiales son de poca acumulación

⁴⁵ Sandoval Bojórquez, Opus cit. p. 24

térmica, y en los casos contruidos más cercanos a la costa se prescinde del barro y se genera una agradable ventilación. El uso básico de la vivienda era para la custodia de las pertenencias y para el descanso nocturno, principalmente en invierno, ya que en verano muchas de las actividades se realizan en los exteriores inmediatos de la construcción, debido a los requerimientos de ventilación nocturna como consecuencia de los altos niveles de temperatura.

Así, las actividades de recreación, convivencia, preparación de alimentos y alimentación se realizaban en las zonas aledañas a la vivienda, bajo frondosos árboles o enramadas contiguas hechas generalmente con vara blanca sobre una estructura de madera de la región.

El legado que esta arquitectura aportó a la producción habitacional actual lo podemos observar en los sectores rurales y pequeños poblados donde es difícil la adquisición de materiales prefabricados o los tradicionales de construcción como el tabique, block o el concreto; generalmente la dificultad se presenta por limitaciones económicas de quienes habitarán la vivienda, aunque también por la difícil accesibilidad de algunos poblados.

Actualmente, en la zona urbana de Culiacán han surgido destellos de utilización de materiales regionales rústicos, con una clara

reminiscencia a nuestros orígenes, muy escasos tal vez y frecuentemente en zonas residenciales. El uso de cubiertas de palma o viguerías rústicas de maderas regionales, o acabados de adobe en muros, son algunos de los ejemplos que se pueden observar, cuyo contraste con los elementos y materiales de la estructura convencional en estas construcciones dan un resultado agradable y siempre ambientalmente positivo.

2.1.2 Colonia

La arquitectura habitacional que se desarrolla en la Villa de San Miguel de Culiacán, en el periodo colonial, es de carácter



Imagen 39. Casa de la Colonia, de los pocos vestigios que permanecen en la ciudad de Culiacán. JCRC, 2004

monumental. Los españoles impusieron su estilo arquitectónico con claras influencias ibéricas, principalmente del sur de la península, donde el clima también es de calurosos veranos como los que enfrentaron al llegar a este lugar.

1948



Imagen 40. Panorámica de Culiacán a mediados del siglo XX. Todavía se puede ver la uniformidad de su arquitectura, así como el modelo tipológico arquitectónico uniforme. Al fondo a la izquierda sobresale el Teatro Apolo y a la derecha la catedral. FAUAS

René Llanes escribe, refiriéndose a la arquitectura de la época virreinal: "Las construcciones del periodo colonial eran grandes construcciones de patio central alineadas al paramento, con características del dominio del macizo sobre el vano; construcciones con muros de adobe y de piedra asentada con

lodo de un metro de espesor, aproximadamente y vanos en proporción vertical. Por lo general se trataban de construcciones en su mayoría muy austeras en su ornamentación, pero que en conjunto empezaban a configurar lo que a la postre integrarían una imagen urbana citadina."⁴⁶

De las anteriores descripciones pueden sustraerse diversas deducciones con respecto a la integración bioclimática de estas construcciones, que no contaban más que con los métodos pasivos de enfriamiento:

- Las construcciones generalmente eran de una altura considerable, de 5 a 6 m de altura interior. Esto tenía un claro objetivo: no dejar acumular aire caliente, tomando en cuenta que el aire caliente -por el efecto de convección- tiende a subir en un espacio cerrado. Así se hacían las construcciones para mantener las partes bajas más frescas, ya que eran las utilizadas por sus habitantes.
- El patio central es un elemento regulador del clima. Los españoles preservaban este legado de las culturas árabes, quienes en las zonas desérticas generan verdaderos microclimas con los patios centrales de sus construcciones.

⁴⁶ Llanes Gutiérrez, *Opus cit.*, p. 53



Imagen 41. Plano de Culiacán a principios del siglo XIX. Se aprecia la traza ortogonal bien orientada y alineada con el río Tamazula

con vegetación y cuerpos de agua. El modelo fue adoptado y reproducido en Culiacán como una forma de reducir los rigurosos registros de temperatura antes descritos. En la época colonial, generalmente se arborizaba al interior de los patios y en algunos casos se incorporaba alguna fuente para humidificar y refrescar el aire.

- Los vanos, aunque sin dominio ante el macizo por su propia proporción vertical, generaban un mejor efecto de ventilación a sus habitantes.



Imagen 42. Casas habitación de la época colonial. La solución se desarrollaba alrededor del patio central generalmente con portales al interior de este. Levantamientos y dibujos de archivo de Arq. Sergio Valenzuela E.

- El alineamiento obedecía más a cuestiones de imagen urbana, con lo que se mantenía una homogeneidad y armonía.
- El grosor de sus muros y los materiales de propiedades térmicas son claros testimonios de las necesidades - cubiertas a través de sus construcciones- de aislarse de un clima del exterior.
- También es importante mencionar la capacidad térmica de las cubiertas, que eran de tierra sobre tabique asentado en vigería de madera. Esta cubierta tenía un mínimo de espesor de 50cm, lo cual retrasaba la carga térmica por conducción al interior del edificio.

Un recurso tipológico que llegó a ser un legado importante y muy utilizado fue el portal, que a mediados del siglo XIX llegó a ser un símbolo en la tipología arquitectónica que rodeaba a la antigua Plaza de Armas en el centro de Culiacán. Algunos pocos ejemplos se conservan todavía y de acuerdo con registros fotográficos podemos afirmar que era un recurso común de la arquitectura de fines del siglo XIX y principios del siglo XX. Si no se utilizaban portales al frente, generalmente eran utilizados al interior, hacia el patio.



Imagen 43. Diversos aspectos de conceptos de tipologías de arquitectura colonial en Culiacán. El patio central con vegetación y fuentes, los vanos verticales y los restos de lo que fue una techumbre de la época. JCRC,2004

El valor bioclimático del portal era generar un espacio abierto sumamente ventilado, que regulaba el clima interior con respecto al exterior. Sombrea los pisos inmediatos a los espacios interiores, de tal forma que no afectaba tan directamente la radiación solar



Imagen 44. Calle Rosales y palacio de Gobierno. Las fachadas de la derecha son con frente al sur y las de la izquierda son norte. Diversos elementos sobresalían para protegerse del Sol. FAUAS

al interior. Por desgracia, existe ya muy poco vestigio de este tipo de construcciones, y menos aún conservado, en comparación con la cantidad de edificaciones que se levantaron a lo largo de más de tres siglos. Por ello, Llanes afirma que los cambios que se han venido manifestando con relación al "valor de uso" y "valor de cambio" del espacio urbano han llegado incluso a la pérdida parcial o total de la mayoría de las edificaciones de carácter patrimonial, además de la degradación de la imagen urbana y la posibilidad del disfrute de los lugares, sitios públicos o privados. "El rescate de su arquitectura, determinado por aquella sociedad,

puede darnos nuevas pautas para actuar en las actuales circunstancias de desorden, que tienden al colapso total y a la pérdida de la continuidad y de identidad en la que se encuentra el centro histórico de Culiacán."⁴⁷



Imagen 45. Primer cuadro de la ciudad a mediados del siglo XX. La morfología urbana revelan los patios centrales en la mayoría de las construcciones de la época. Un 80% de este patrimonio fue destruido. FAUAS

⁴⁷ Llanes Gutiérrez, Opus cit. p. 59

2.1.3 Porfiriato



Imagen 46. Mercado Garmendia, la obra arquitectónica más importante que permanece en plé. De principios del siglo XX, solo ha tenido adhesiones al exterior. Foto superior, antes de las intervenciones

El Porfiriato significó para Culiacán el desarrollo urbano-arquitectónico y el inicio del esplendor que tuvo en el siglo XX. "Hasta antes del Porfiriato la ciudad no contaba con la imagen urbana, el equipamiento ni la infraestructura y servicios públicos necesarios que le permitieran la conformación y el carácter de una ciudad moderna. Fue el Porfiriato, con una visión de modernidad y progreso de la clase dominante: empresarios, políticos, comerciantes, mineros, agricultores y todos aquellos sectores que generaban riqueza, lo que permitió la modernización de la ciudad."⁴⁸



Imagen 47. Casa de principios del siglo XX. Arquitectura civil monumental de la época del porfiriato, JCRC, 2004

⁴⁸ Ibidem, p. 65.

Su arquitectura tuvo cambios significativos, ya que fue en este periodo cuando se construyó la mayor parte de los edificios públicos de carácter monumental como son El Mercado Garmendia, el Teatro Apolo, el Santuario, la Cárcel Municipal; de carácter urbano, se hizo la regeneración de la traza urbana, el Boulevard 2 de abril (hoy Blvd. Madera) y el Puente Cañedo (hoy Hidalgo), que detonó el crecimiento de la ciudad al norte. Cabe destacar que la mayoría de estas obras (algunas desaparecidas y otras alteradas), de gran atractivo arquitectónico, se le adjudican al Arq. Luis F. Malina, a quien se le conoció como el constructor de la ciudad de aquella época.

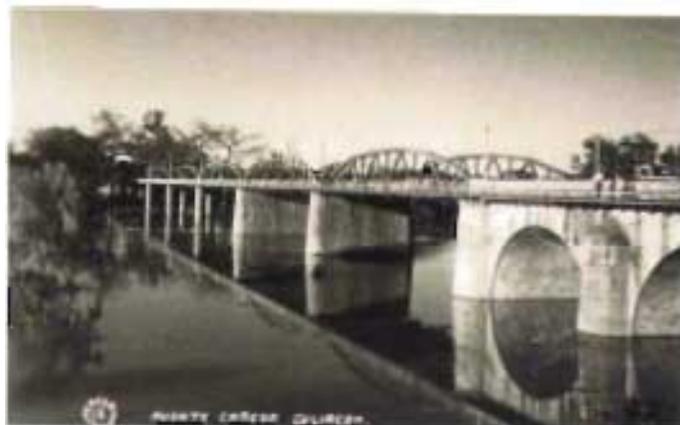


Imagen 48. Puente Cañedo, obra de principios del siglo XX, que permitió el desarrollo de la ciudad de Culiacán por el norte, del otro lado del río Tamazula.

La aportación, desde el punto de vista ambiental, es similar a la que se obtiene del periodo anterior, ya que la tipología era muy parecida; en este sentido, los aportes fueron más de carácter ornamental y estética, pues en este periodo se incorporaron estilos eclécticos e influencias neoclásicas de corte académico con saldos muy positivos.

Posterior al periodo porfirista, una vez concluidas las luchas de la decena de la revolución, cuando evidentemente no hubo producción arquitectónica, se establece la búsqueda de la identidad nacional y su reflejo en la arquitectura. En esta época



Imagen 49. Plazuela Alvaro Obregón, portales y al fondo la ribera del río Tamazula y el puente Cañedo. JCRC, 2004

surgieran muy pocos edificios habitacionales representativos; había escasa producción entre la que se puede mencionar, como ejemplos más relevantes, dos casas eclécticas construidas del otro lado del río Tamazula, aprovechando el recientemente construido puente cañedo.

Tales ejemplos incorporan una característica importante: no se alinean al paramento y dejan un jardín y un portal al exterior. Este género vendría luego a repetirse en los ejemplos de la arquitectura habitacional de la primera modernidad en Culiacán. Salvo ejemplos muy localizados como los antes mencionados, en el Noroeste del país, y particularmente en Culiacán, se generó un vacío en la construcción que se extendió hasta la aparición de la



Imagen 50. Casa posterior al porfiriato de estilo ecléctico, donde se planteaba un jardín exterior (hoy convertido en estacionamiento de una librería) JCRC, 2004

arquitectura funcionalista, en los cuarentas, con la nueva generación de arquitectos jóvenes formados en el Distrito Federal y con toda la influencia del movimiento moderno europeo.

2.1.4 Modernidad y Arquitectura Funcionalista

"La obra, aunque no precisamente arquitectónica, que marcaría la transformación de la imagen tradicional de Culiacán hacia la ansiada modernidad, sería definitivamente la construcción del Paseo Niños Héroes o Malecón, al margen del río Tamazula, en 1939."⁴⁹



Imagen 51. Calle Zaragoza y primeras construcciones funcionalistas de la ciudad de Culiacán. FAUAS

⁴⁹ Ochoa Vega, Opus cit, p. 33.

El estilo *art deco*, como manifestación arquitectónica, tuvo un impacto muy limitado en Culiacán. La arquitectura que rompería más propiamente con los estilos clásicos sería la funcionalista.



Imagen 52. Paseo Niños Héroes, obra que significó en inicio de la modernidad en Culiacán. JCRC,2004

Antes de la aparición de esta corriente se construyeron algunos ejemplos de influencia neocaliforniana, con aportaciones como el jardín exterior y portal también al frente, en donde se adhiere también el balcón amplio hacia el jardín, como un espacio de ocio y recreación. También se da un elemento interesante y poco recurrido que es el *apergolado*, como una forma de permear el asoleamiento.

Estos ejemplos podemos observarlos en las primeras casas que se construyeron en el Paseo Niños Héroes, donde se desarrollaron prototipos interesantes de arquitectura habitacional funcionalista.

La arquitectura funcionalista en Culiacán merece especial atención ya que ha sido quizá el último estilo que afrontó -con sistemas pasivos- las condiciones climáticas regionales, aunque cabe aclarar que algunos protagonistas de este estilo no fueron tan afortunados o atentos a dichas condiciones y ello generó obras con problemas graves de funcionamiento bioclimático.

Como se mencionó anteriormente, el Malecón o Paseo Niños Héroes sería el defenante de una nueva arquitectura en Culiacán. Para efectos de esta investigación, analizaremos en conjunta lo más representativo en el género habitacional funcionalista y cómo se adaptó ésta a las condiciones climático-ambientales de Culiacán.

Enrique Yáñez, a propósito de la arquitectura funcionalista, afirma que los principios de diseño en este estilo son los siguientes: ⁷⁸

⁷⁸ Yáñez, Enrique citado por Menduza Anguiano, Ricardo. Germán Benítez, protagonista de la modernidad arquitectónica en Culiacán. UAS Facultad de Arquitectura, La Crónica de Culiacán y Ayuntamiento de Culiacán, Culiacán Sin, 2004, p. 32,33

- Simplificar las demandas propias del programa genérico, de acuerdo con el número de espacios o locales necesarios.
- Aprovechar al máximo el espacio, eliminando área ociosa.
- Adoptar sistemas constructivos de costo ventajoso y que no requieran reparaciones frecuentes.
- Emplear materiales de acabados permanentes y que faciliten la limpieza.
- Dosificar cuidadosamente los elementos costosos de la construcción.
- Disponer las instalaciones en forma de reducir su costo y facilitar su mantenimiento. Eliminar las que no sean rigurosamente necesarias de acuerdo con el clima.
- Obtener, en lo posible por medios naturales, las condiciones higiénicas de temperatura, luz y ventilación.
- Lograr un aspecto agradable que sea resultado de proporciones, texturas y colores.

La descripción parece atender principalmente los aspectos de economía en la construcción y en ella se incluye la economía de su mantenimiento e insumo de energía por medio de sistemas pasivos. Esto adquiere relevancia al estudiar la producción de esta arquitectura y su evidente búsqueda de adecuación bioclimática en muchos casos, de los cuales describiremos los elementos

arquitectónicos más sobresalientes y que hoy día tienen vigencia para nuestra ciudad.



Imagen 53. Primeras casa frente al Paseo Niños héroes, con jardín, portal y balcón al frente, todavía no con la transparencia de los ejemplos funcionalistas, con influencias de colonial californiano. JCRC, 2004

• Iluminación

Una intención muy positiva de este movimiento fue la ampliación de sus vanos, para una mayor iluminación natural sin que ésta llegue a ser una radiación directa a los interiores del edificio. Esta

preocupación es clara influencia del funcionalismo internacional, aunque para la interpretación regional debería ser muy cuidadoso, ya que la incidencia directa a través del cristal puede generar un efecto invernadero y elevar la temperatura interior. Es



Imagen 54. Arriba: Un ejemplo de arquitectura funcionalista con muy buenos resultados, a la derecha, la fachada sur, es medianamente afectada por el sol (la foto es en invierno) las ventanas están remetidas, sin sacrificar el concepto formal, y la fachada poniente (la izquierda de la foto) está debidamente protegida. Abajo: Un ejemplo similar, del lado izquierdo es fachada oriente y del derecho es fachada norte. Aquí a la fachada oriente no se le da un tratamiento como se le dio al poniente en el otro ejemplo. JCRC, 2004

por esto que la orientación es básica al utilizar los grandes vanos y en la mayoría de los casos se muestra conocimiento al respecto

con una buena ubicación, aunque también se tienen ejemplos muy lamentables de incidencia solar directa.

La orientación ideal de los vanos ampliados es al norte y al sur; deben estar bien protegidos con elementos que impidan la incidencia del Sol en su inclinación, que bien puede ser volado o que la misma ventana esté remetida.

Hay que recordar que aunque la mayor inclinación se da en diciembre -mes sin problemas térmicos-, también en los meses de septiembre, octubre, cuyas condiciones climáticas son críticas, se tiene una inclinación considerable⁷¹.

Ventilación cruzada

Tal vez no tan lograda en el género habitacional como en otros como el de oficina o escuela, el recurso de la ventilación se entendió en esta época como la forma de

⁷¹ Ver subcapítulo 3.4 de Geometría solar

higienizar lo que la falta de sol pudiera producir, y sobre todo para sustituir el aire caliente del interior por aire fresco proveniente de los jardines que generalmente rodeaban la construcción.

Esto generaba la fórmula ideal para un mejor funcionamiento, vanos amplios al norte y al sur, estos últimos protegidos y el predominio del macizo a las orientaciones este y oeste, que a su vez deberán ser de menores dimensiones. Ricardo Mendoza se refiere así a la arquitectura de Germán Benítez, principal protagonista de este estilo en Culiacán: "En la orientación de los edificios se procura el aprovechamiento de los vientos dominantes, además de provocar el menor calentamiento provocado por la incidencia solar, alargándolos en sus lados orientados hacia al sur y norte y colocando grandes ventanales en éstos."⁷²

Cabe hacer mención de la aportación de Juan Segura con edificios del género educativo, (escuela Benito Juárez, en Navolato, y Manuel Ávila Camacho en Culiacán) donde utilizó una ventilación adicional a la convencional de las ventanas, con orificios circulares en la parte superior de las aulas a todo lo largo del edificio. Elementos que desgraciadamente se perdieron (en el caso de Culiacán) a causa de una lamentable intervención.

⁷² Mendoza Anguiano. Opus cit. p. 96



Imagen 56. Diversas fachadas al poniente en edificios funcionalistas. Arriba (casa ya demolida) uno de los más puros ejemplos del funcionalismo aplicado al clima. Fachada al sur abierta y protegida con volado, y poniente protegido con partesol y árboles, en medio oficina con vanos al poniente minimizados. Abajo: Casa funcionalista con fachada norte con mucha transparencia y poniente bien protegido. JCRC, 2004

4. Parteluces o parasoles

Quizás el elemento más característico de este estilo en su adecuación a la ciudad de Culiacán fue el parteluz o, para ser

más literal en relación a la misión que cumplió en este caso: El parasol.

Con este elemento se trata de impedir la incidencia solar directa pero a su vez de no limitar la iluminación. Este elemento se utilizó exclusivamente para ventanas que no podían evitarse y cuya ubicación era necesaria al poniente.

El hecho de no resolver de la misma forma las ventanas al oriente es cuestionable, pues se puede interpretar como una idea entendida de mayor protección al poniente -que realmente es la orientación que más afectaría un gran ventana-; pero el oriente tiene también una aportación muy significativa en tiempo sol¹⁴ (incluso ligeramente mayor por la mayor posibilidad de nublado en la tarde) con la diferencia que el efecto vespertino incide en el edificio que tiene ya una carga calorífica acumulada durante el día; carga que es mayor cuando el lado oriente está desprotegido.

Existen casos cuestionables de incidencia por el oriente en edificios de esta época, que generaron muchos problemas de climatización por no protegerlos como se protegieron los vanos al poniente.



Imagen 57.
Diversas fachadas
de arquitectura
funcionalista.
Los jardines son
un elemento
fundamental para
su funcionamiento
bioclimático.
JCRC, 2004

¹⁴ Ver subcapítulo 3.4 de Geometría solar

Muchos edificios de diversos géneros requirieron de este elemento para evitar las incidencias vespertinas del sol, se dispusieron generalmente de forma vertical girados al suroeste, y así en invierno alcanza a penetrar ligeramente el sol sin ser de mucho impacto la incidencia y en verano se logran evitar totalmente. Algunos ejemplos, por cuestiones tal vez estéticas, se disponen de forma horizontal, en ocasiones sin inclinar o con una ligera inclinación hacia afuera.

Los casos en los que se requería evitar incidencia de otra dirección, sea oriente o sur, se dispuso generalmente de porteluces horizontales muy similares en ambas orientaciones, a pesar de tener una incidencia muy diferente una de la otra.

Portal

En su versión moderna, el portal pervive en la ciudad de Culiacán. El espacio abierto y cubierto hacia el jardín es el elemento tal vez más enriquecedor en lo que respecta a la parte ambiental y bioclimática del espacio habitacional. Un espacio que recrea, interactúa con el ambiente natural, purifica y que va ligado a las costumbres de sus habitantes de sentarse al exterior a disfrutar de los momentos en que amainan las altas temperaturas del día. Lo vemos representado desde la arquitectura vernácula hasta la más contemporánea, con sus respectivas adecuaciones.



Imagen 58. El portal ha sido un elemento fundamental en todas las épocas y en todos los ámbitos para el Estado de Sinaloa, desde las zonas rurales, la arquitectura colonial, vernácula y funcionalista y contemporánea. JCRC, 2004

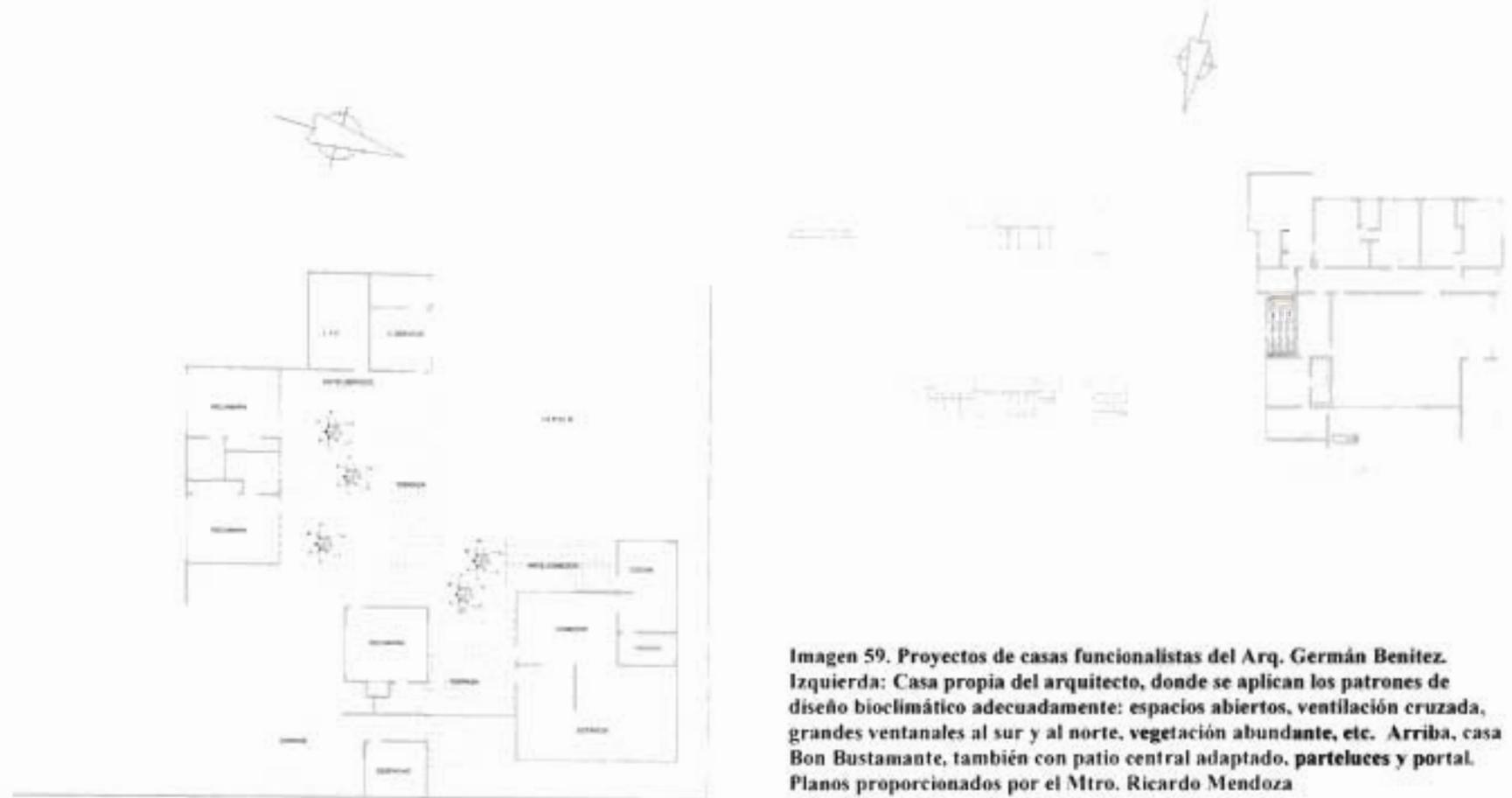


Imagen 59. Proyectos de casas funcionalistas del Arq. Germán Benítez. Izquierda: Casa propia del arquitecto, donde se aplican los patrones de diseño bioclimático adecuadamente: espacios abiertos, ventilación cruzada, grandes ventanales al sur y al norte, vegetación abundante, etc. Arriba, casa Bon Bustamante, también con patio central adaptado, parteluces y portal. Planos proporcionados por el Mtro. Ricardo Mendoza

2.2 Vivienda contemporánea

Se le llama vivienda contemporánea, para efectos de esta investigación, al espacio habitacional unifamiliar construido de 1970 hasta la fecha, periodo en que la población experimentó un crecimiento acelerado, se generó la actual mancha urbana y se consolidaron la mayoría de las colonias y fraccionamientos de la ciudad.

La vivienda se puede clasificar en varios sectores urbanos que obedecen principalmente a las condiciones socioeconómicas de sus propietarios, como afirma Gladis Mascareño: "El modelo urbano dominante, concéntrico, funcionalista y especulativo, ha propiciado que se constituyan tres subsistemas funcionales y simbólicos en la ciudad, los cuales han conformado espacios urbanos diferenciales en relación a la ubicación física (centro, ensanche y periferia); y el uso social del suelo urbano (sectores altos, medios y bajos)"⁷⁴.

⁷⁴ Mascareño López, Opus cit

2.2.1 Nivel socioeconómico bajo

La ciudad de Culiacán es un punto intermedio y en ocasiones de residencia definitiva de emigrantes provenientes del sur del país. Ofrece mano de obra para los periodos de cosecha en el sector agropecuario del estado y esto genera una población flotante por temporada anual, según sea la oferta y la demanda en el campo.



Imagen 60. sectores populares de la ciudad de Culiacán. Nivel socioeconómico bajo. JCRC, 2004

Muchos de estos emigrantes sólo están de manera temporal en el estado con el objetivo de llegar a la frontera estadounidense, en busca de mejores oportunidades de trabajo.

Por otro lado, las migraciones internas campo-ciudad se siguen dando en el estado, también en busca de trabajo, educación,

salud y demás servicios de los que generalmente se carece en los pequeños poblados de cercanías o de otros municipios del estado.

En muchas ocasiones, los migrantes se instalan de manera temporal e irregular en terrenos ejidales y van generando condiciones hasta exigir luego la regulación del suelo y la propiedad del mismo.



Imagen 61. Nivel socioeconómico medio. Fovissste Chapultepec. Multifamiliares construidos en los años setentas. Destacan las ventanas rematadas aunque con poca ventilación. JCRC, 2004

Por su carácter de temporales, las construcciones son generalmente de materiales perecederos: madera, cartón, asbesto, en el mejor de los casos, o de material reciclado.

En los poblados cercanos a la ciudad, e incluso en aquellos ya conurbados, pueden observarse todavía construcciones con influencia de la tipología de la arquitectura indígena, que por ser de materiales de la región, bajos en costos y con resultados bioclimáticos muy positivos, siguen vigentes.

2.2.2 Nivel socioeconómico medio

El nivel adquisitivo de la población que define al sector medio -es justo decir- no es un nivel que les permita mantener una calidad de vida deseable. Pero a diferencia del sector bajo, en el sector

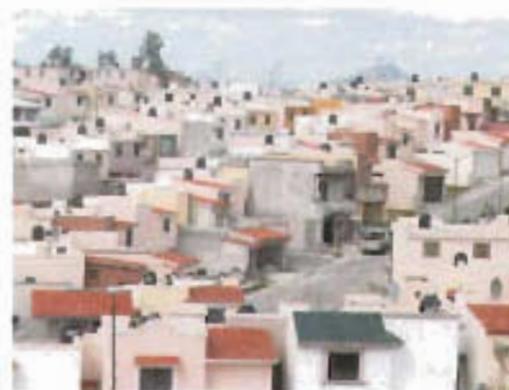


Imagen 62. Fraccionamiento de construcción reciente (final de la década de los noventa) casas adquiridas mediante financiamiento fovi, nivel medio-alto. JCRC, 2004

medio se encuentran aquellas familias con posibilidades de adquisición de vivienda de interés social, entre las que existen diversos niveles de acuerdo con sus posibilidades económicas.

Otra parte de este sector cuenta con propiedades adquiridas por la familia, generalmente viviendas que han ido ampliándose conforme ha crecido la familia, de generación en generación, y en muchos de los casos sin guía arquitectónica profesional. Por ello, estas viviendas se convierten en construcciones con problemas graves de acondicionamiento bioclimático y ambiental, principalmente de temperatura, ventilación e iluminación.

2.2.3 Vernácula

Mención aparte merece en este capítulo la arquitectura de vivienda que construyen los mismos propietarios, la que se hace en la actualidad todavía con los materiales de la región: la arquitectura vernácula, que si bien en la zona urbana ya casi no se utiliza, en los poblados cercanos está vigente y, más aun, es muy apreciada.



Imagen 63. Portal de casa vernácula de la ciudad de Tacuichamona (50 km. De Culiacán).

Esta arquitectura mantiene muchos aspectos rescatables:

- Se utiliza material de la región de manufactura local: madera, barro, junquillo, teja, palma, entre otros.
- El portal es muy recurrente en esta arquitectura, un elemento bioclimático muy conveniente para el clima de la región.
- La ligereza de los materiales genera una regulación climática, no acumula el calor y refresca sus interiores.
- El origen de los materiales tiene una filosofía de la sustentabilidad, al representar todos ellos materiales con posibilidades inmediatas de reincorporación al medio natural.

- La imagen urbana que ofrece esta arquitectura es muy rica y en muchos de los casos puede generar un recurso turístico importante para el sustento de la población.

2.2.4 Arquitectura Residencial



Imagen 64. Arquitectura residencial. Se busca heredar algunos conceptos tipológicos, pero muy escasos, ya sea con los tejados, colores blancos, jardines exteriores, etc. JCRC, 2004

Los sectores residenciales, de alto nivel socioeconómico, se desplazan a sectores perimetrales, muchas de las veces a conjuntos privados y con vigilancia permanente, en respuesta a las condiciones de inseguridad que se vive en la ciudad. Desde el punto de vista bioclimático-ambiental, la arquitectura de este sector está alejada de la realidad de la región, debido a la dependencia total de los sistemas artificiales de acondicionamiento climático. En el diseño de este tipo de

arquitectura no se percibe la intención de buscar la comodidad térmica por métodos naturales, sino que se ha asumido que es necesario invertir en costosos equipos o mecanismos para su



Imagen 65. Interesante ejemplo de arquitectura contemporánea con claras intenciones de proteger una fachada poniente y una propuesta interesante de jardín y muro exterior. JCRC, 2004

mantenimiento y para lograr la comodidad necesaria.

Evidentemente, la tecnología no se puede excluir de los actuales proyectos, pero es posible moderar su dependencia con una buena solución arquitectónica. Las aportaciones que históricamente se han generado para desarrollar una arquitectura más amable con el medio ambiente, actualmente se ignoran casi por completo. Cabe recordar que muchos de los buenos ejemplos arquitectónicos del funcionalismo se dieron en el diseño de viviendas de los sectores socioeconómicos altos.

Alejandro Ochoa hace una crítica severa, a propósito de la pérdida de identidad en la arquitectura de la ciudad de Culiacán en los últimos 30 años, donde cabe todo género edilicio y desde todos los puntos de vista:



Imagen 66. Casas residenciales con nulas propuestas de carácter bioclimático. Estas construcciones generan gastos energéticos muy altos por su diseño inapropiado al clima. Escasa ventilación, mala orientación y poco jardín, entre otros puntos. JCRC, 2004

“Las consecuencias de un mundo capitalista globalizante y agresivo pueden ser dramáticas en la arquitectura y la ciudad. El valor de cambio predominante en los objetos construidos y espacios que forman paisajes de anuncios espectaculares, edificios, anuncios y arquitectura para el comercio subordinados a la publicidad de mayor impacto. Ante esto, cuando lo que cuenta es obtener la mayor ganancia por la menor inversión, la calidad de los espacios, la eficiencia funcional

y las formas arquitectónicas acordes con el tiempo y el espacio son premisas irrelevantes.

“Centros comerciales, fraccionamientos privados, condominios horizontales, salones de fiesta y hoteles, entre otros, son muestra en gran medida de pobreza arquitectónica y aparente éxito financiero. A su vez la enorme mancha urbana, mediana y totalmente excluida de los servicios urbanos básicos define una aplastante invasión de arquitecturas anónimas y anodinas que, además de reflejar carencias y desigualdades sociales, en algunos casos son la reproducción caricaturesca de paradigmas arquitectónicos establecidos. Esta arquitectura sin oficio y sin compromiso social desafortunadamente predomina en las ciudades contemporáneas. Culiacán no es la excepción.”⁷⁵

Al respecto, Ochoa especifica sobre lo que él denomina la “arquitectura de la contradicción”:

“Ya sea en intervenciones en edificios preexistentes o construcciones nuevas, de iniciativa oficial o privadas, inversiones de clases altas o esfuerzos de clases medias o bajas, la contradicción arquitectónica se hace presente en la ciudad.

⁷⁵ Ochoa Vega, *Opus cit.*, pp. 128, 129

empobreciendo el paisaje y exhibiendo nuestras miserias, tanto sociales como de oficio.”⁷⁴

2.2.5 Interés Social

En la década de los setentas se forma el INFONAVIT como un organismo cuyos recursos se destinan al financiamiento de viviendas con las características físicas, ubicación y diseño que los trabajadores propusieron a través de sus representantes.



Imagen 67. Multifamiliar de Fovissste Chapultepec.

En Culiacán se diseñó el primer fraccionamiento INFONAVIT (Humaya) al noroeste de la ciudad, con las expectativas de proveer vivienda digna para los derechohabientes. Más tarde se construyó el fraccionamiento FOVISSSTE (Chapultepec) al noreste de la ciudad, ambos fraccionamientos con viviendas bastante aceptables en su

propuesta espacial, pero poco afortunadas en su aprovechamiento bioclimático.

En ambos proyectos se aprecian intentos de adecuación bioclimática al contexto natural de la región. Así se pueden apreciar ventanas remetidás, protegidas del sol, una orientación adecuada de sus fachadas, generalmente al sur o al norte, vegetación circundante muy abundante en el caso de FOVISSSTE, que ayuda a refrescar el espacio, y patios posteriores con más de tres metros de fondo que ayudan a generar un pequeño microclima benéfico para la regulación de las temperaturas.

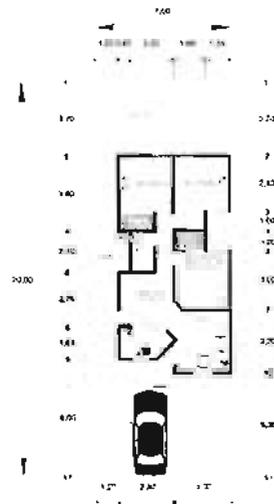


Imagen 68. Prototipo de vivienda de tres recámaras, en dos niveles. En planta baja se logra ventilación cruzada, mientras que la planta alta se sacrifica sin ventilación cruzada y carga calorífica alta por sus conducción por losas.

⁷⁴ Ídem

En el contexto nacional, el INFONAVIT, en el primer periodo de formación entregó 88 mil créditos para un igual número de

Imagen 69. Prototipo de vivienda para tres recámaras, de la cual solo una tiene ventilación cruzada. A pesar del poco terreno, es común dejar un pasillo de servicio por un costado, que muchas veces puede significar mas calor por calentamiento de muros.



vivienda, cuya construcción requirió desde la selección y adquisición de los terrenos, los estudios preliminares, los diseños urbanos y de vivienda, la búsqueda y selección de constructores y la elaboración de presupuesto, ejecución y supervisión de las obras. La administración de estos años optó por garantizar que las viviendas y sus entornos ofrecieran una mejoría real en la calidad de vida, aplicando una política solidaria de los derechohabientes con mayores ingresos hacia los de menor salario. El fruto de esta

administración fue vivienda en propiedad para 665 mil familias obreros.

Estos proyectos pertenecientes a esta primera década fueron el detonante de lo que hoy conocemos como la producción masiva de vivienda de interés social con sistemas de financiamiento diversos para un sector muy numeroso de la población que vinieron a transformar la estructura urbana en una especie de

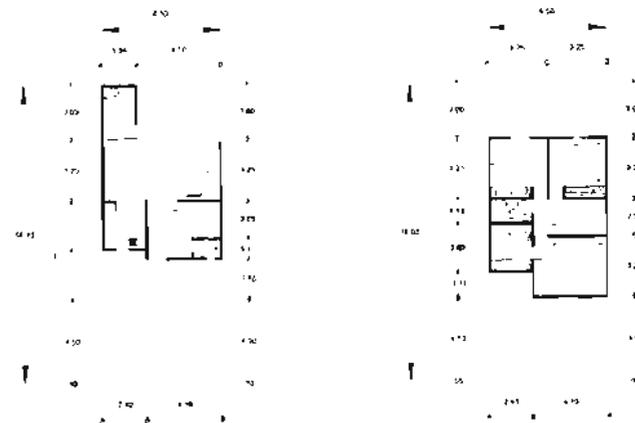


Imagen 70. Prototipo de tres recámaras, buena ventilación en planta baja. Escasa en segundo nivel.

parches sin continuidad y con escaso equipamiento y muy reducidas condiciones de habitabilidad, muy lejos de la propuesta interesante a nivel urbano del INFONAVIT Humaya y de FOVISSTE Chapultepec, los fraccionamientos actuales en Culiacán, se han

alejado de esa premisa básica que se intentó y en algunos casos funcionó, de ofrecer una mejora real en la calidad de vida de sus habitantes.

2.2.6 Adecuación de la vivienda de interés social al medio ambiente en Culiacán

Las posibles propuestas de carácter climático-ambiental que pudieran verse reflejadas en la vivienda de interés social actual, son prácticamente desatendidas en la producción masiva de vivienda.



Imagen 69. Viviendas mínimas con necesidad de aire acondicionado a causa de una mala solución bioclimática.

Sin embargo, aun para efectos de esta dinámica en el mercado de la vivienda, la atención a los diferentes aspectos bioclimáticos no debe dejarse de lado. Fundamentalmente, para los ámbitos de la economía y la salud de las familias, los elementos del diseño que una vivienda de interés social puede incluir -tomando en cuenta la incidencia solar, las altas temperaturas y la humedad relativa⁷⁷- también son redituables en el momento de ofertarla.

Algunos elementos negativos de la vivienda de interés social, con posibilidades de mejorarse sin que ello signifique un incremento exagerado en sus costos de producción pueden ser los siguientes:



Imagen 70. Viviendas medias, mal orientadas, con fachada poniente.

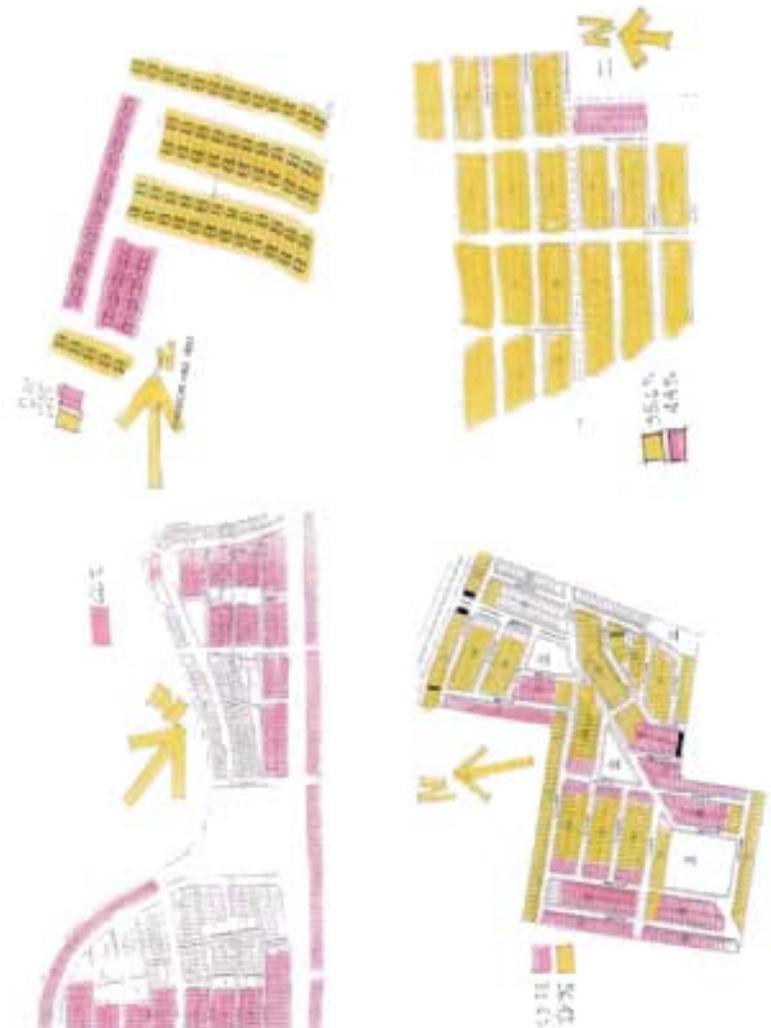
⁷⁷ Ver subcapítulo 3.5.10 de Posibles escenarios climáticos para la ciudad de Culiacán.

- **Poca ventilación**

Es básicamente el principal problema bioclimático que se presenta en la ciudad de Culiacán. Generalmente, prevalece la idea de que para solucionar los espacios arquitectónicos en Culiacán se tienen que utilizar materiales y formas que aíslan térmicamente. Tal vez no sea un mal recurso, pero con ladrillo o block difícilmente se lograrán estas propiedades, y si en cambio se tendrá una "caja térmica" con una capacidad muy fuerte de almacenar el calor durante el día.

En las gráficas realizadas a partir de los datos obtenidos de los días tipo de cada mes (anexos 3-14), se deduce que **las temperaturas nocturnas de verano a la intemperie son cálidas, pero no al grado de requerir el aire acondicionado si se pudiera mantener la temperatura de intemperie en el interior de las viviendas;** como esto no sucede, debido a la acumulación de energía calorífica al interior y en los muros, y a causa de los materiales de construcción utilizados, ello hace muy común la necesidad de recurrir al aire acondicionado.

Imagen 71. Sembrado de diversos fraccionamientos de interés social. Los lotes amarillos tienen una orientación que no varía más de 25° con respecto al eje norte sur. Los rosas, tienen una orientación que no varía más de 25° con respecto al eje oriente poniente.



- **Mala orientación**

Muy repetido es el modelo de fraccionamiento en el que un porcentaje mayor al 50% de los lotes están dispuestos con sus fachadas al este o al oeste. Esto genera condiciones muy complejas para evitar la radiación directa al interior de la casa. Es un problema común y evitarlo no tendría ningún costo adicional. La carga calorífica que se genera por radiación directa a través de los cristales de las ventanas, por efecto invernadero, es muy alta en comparación con la que pudiera afectar si la orientación se girara 90 grados.



Imagen 72 Fraccionamiento en que se ofertan cualidades térmicas en la vivienda, solo por sus materiales, sin tomar en cuenta un solo patrón de diseño bioclimático pasivo.

- **Espacio abierto para generar microclima**

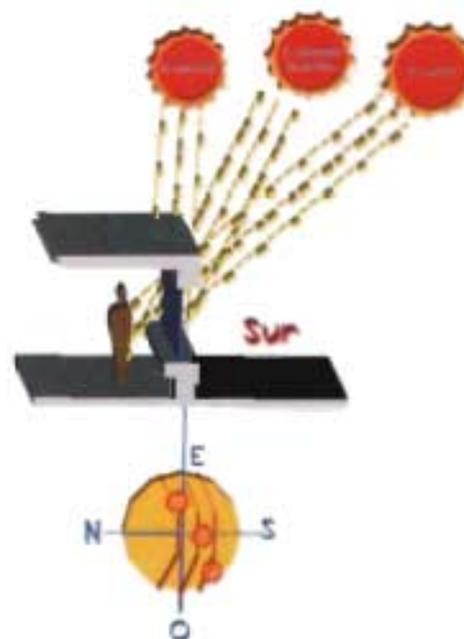
En algunos fraccionamientos de interés social, se han diseñado patios de 2.50m libres, que son poco funcionales para lo que en realidad se plantearon. El patio debe ser un generador de microclimas que sombree, humidifique o enfríe el aire necesario para el espacio interior. Fue un concepto imprescindible con resultados comprobados por muchos años, en la arquitectura de Culiacán⁷⁸. Además, la vegetación en muchos sentidos ayuda a contrarrestar las condiciones de inhabilitabilidad, porque los follajes conllevan propiedades reguladoras del ambiente, relajantes, purificadoras del aire, etc. La vegetación es un elemento vital para resolver bioclimáticamente los espacios arquitectónicos en la ciudad de Culiacán.

⁷⁸ Ver subcapítulo 4.2 Adecuación de la vivienda a los aspectos físicos ambientales en la Colonia.

2.3 Patrones de diseño arquitectónico bioclimático para aplicarse en la ciudad de Culiacán

Los patrones de diseño son aquellos "planteamientos conceptuales de solución o aprovechamiento de las manifestaciones microclimáticas de una localidad específica, basadas en el conocimiento de la técnica (principios físicos), aplicables en el desarrollo del proyecto arquitectónico y urbano, para obtener el bienestar humano."⁷⁹

Es importante interpretar los patrones de diseño de manera global, ya que las soluciones no se dan de manera aislada. Los patrones que aquí se presentan deben abordarse en conjunto, haciendo un todo del diseño bioclimático para poder obtener resultados afortunados en la búsqueda de un espacio confortable por medio de métodos de diseño pasivos.⁸⁰



De acuerdo al análisis del comportamiento de los diversos parámetros climatológicos en la ciudad de Culiacán y con el estudio de las diferentes aplicaciones que se han desarrollado en la historia de la arquitectura de Culiacán y tomando en cuenta también la factibilidad de ellos en la actualidad, se pueden deducir los siguientes patrones de diseño bioclimático para la ciudad de Culiacán Sinaloa.

2.3.1 Forma y Orientación

"Construir para el hombre... es inmediatamente restituírle el principio y la llave, que es el Sol. Comenzar los planos inscribiendo

⁷⁹ Lacomba, Ruth (comp.) *Manual de arquitectura solar*, México, D.F. - Trillas, 1991, p. 280.

⁸⁰ "El diseño pasivo es quizá el más difundido a nivel internacional para designar los sistemas de climatización en los que la captación, la distribución, el almacenamiento y la dispersión o la derivación de la energía solar (en forma directa o indirecta) se realizan mediante procesos naturales de transferencia de calor", en Morillo Gálvez, David, *Bioclimática. Sistemas pasivos de climatización*, Guadalajara, Universidad de Guadalajara, 1993, p. 141.

el curso del Sol en el solsticio de invierno y en el solsticio de verano. Es el Sol y sólo el Sol, el que decide la orientación de la casa. Poco importa por el momento al menos, el trazado existente de las calles..."⁸¹

La carta de Atenas era entonces enfática hacia la necesidad de atención al Sol, alentada por las aseveraciones del carácter curativo de los rayos solares hacia la tuberculosis. La misma carta lo describía: "La medicina ha demostrado que la tuberculosis se instala allí donde el sol no penetra; pide que el individuo sea en lo posible vuelto a colocar en 'condiciones de naturaleza'. El sol debe penetrar en cada vivienda varias horas diarias aun durante la estación menos favorecida"⁸².

Es evidente que tales definiciones están destinadas principalmente a latitudes donde la necesidad es la calefacción natural. Poco se contemplaba entonces las necesidades de las latitudes tropicales o con necesidades de enfriamiento natural donde la introducción del sol puede ser claramente contraproducente.

No obstante, el punto de partida del diseño de un espacio arquitectónico, cualquiera que sea la latitud de su asentamiento, debe ser la orientación astronómica, ya que es ésta la que define

su comportamiento térmico al ser materializado. La atención adecuada de la orientación aporta grandes ventajas en la protección de elementos que podrían convertirse en acumuladores de energía inconvenientes para el interior del edificio.

Vitrubio lo especifica claramente:

"...Los edificios estarán dispuestos adecuadamente si se han tenido en cuenta ante todo las orientaciones y las inclinaciones del cielo en el lugar donde se desea construirlos; porque no deben ser construidos de la misma manera en Egipto que en España... al estar el aspecto del cielo inclinado en un forma distinta con respecto a los diferentes lugares, a causa de la relación que tienen con el zodiaco y con el curso del sol, es necesario disponer los edificios en razón de la diversidad de los países y de los climas."⁸³

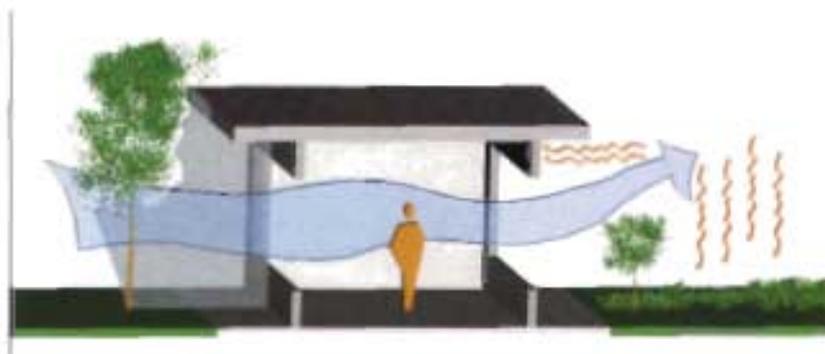
El modelo de ciudad que se implantó en la América colonizada respondía en mucho a estrategias militares y de carácter cultural religioso. La simplificación de la estructura definida en la ley de 1573, codificada por Felipe II, que Benévolo define como "la primera ley urbanística de la edad moderna...Las nuevas ciudades siguen un modelo uniforme: un damero de calles rectilíneas, que

⁸¹ Carta de Atenas, 4º Congreso de los CIAM (Congreso Internacional de Arquitectura Moderna) 1933, Atenas. Grecia, en Tudela, Fernando, Ecodiseño, México DF, UAM, 1982. p. 197.

⁸² Tudela, Fernando, Opus cit, p. 197.

⁸³ M. L. Vitrubio, citado por Rodríguez Viqueira, Manuel, Introducción a la arquitectura bioclimática, México, Limusa, 2001, pp. 45 y 46.

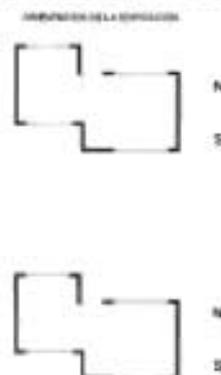
definen una serie de manzanas iguales, casi siempre cuadradas; en el centro de la ciudad, suprimiendo o reduciendo algunas manzanas, se halla la plaza, a la que dan los edificios más importantes: la iglesia, el palacio municipal, las casas de los mercados y de los colonos más ricos”⁸⁴



El trazo urbano original del centro histórico de la ciudad de Culiacán se basa en este modelo, aunque se percibe la necesidad de extender más la forma de las manzanas en su orientación este-oeste en algunos sectores. Esto deja ver la intención de desarrollar el máximo de predios con sus fachadas al sur o al norte y evitar en lo posible las expuestas al oriente y al

⁸⁴ Besólvato, Leonardo. *Diseño de la ciudad-4. El arte y la ciudad moderna del siglo XV al XVIII*. México, DF: Gustavo Gili, 1979, p. 112.

poniente. Considerando la necesidad en aquella época de lograr el confort mediante el diseño de sistemas pasivos, a falta de los activos, ésta fue la forma en la que solucionaron sus requerimientos desde el punto de vista de su orientación.



“En un local, la temperatura interior resulta del equilibrio entre los aportes y las pérdidas de calor. En ausencia de un sistema de climatización, la evolución de la temperatura interna depende, en buena medida, de los flujos de calor que por conducción son transferidos a través de los cerramientos opacos (techo, paredes y piso)”⁸⁵. Apoyado en esta premisa, los cerramientos arquitectónicos expuestos al exterior convienen que en su mayoría estén orientados al norte y al sur y en su minoría al oriente y al

⁸⁵ González Cruz, Eduardo Manuel. *Estudios de arquitectura bioclimática*. México, D.F., Limusa, 2002, p. 119.

poniente. Esto favorece la necesidad de generar los vanos orientados al norte y al sur para así proteger el espacio de una ganancia directa de calor.

Bajo estas observaciones, la forma y orientación de los edificios ubicados en la ciudad de Culiacán, para que sean menos afectados por sus condiciones climatológicas, deberá ser longitudinal sobre el eje este-oeste, de tal forma que a estos puntos cardinales (orientaciones más afectadas por el sol), se exponga menos superficie de cerramientos y así la mayor superficie se presente al norte y al sur, donde deberán ubicarse los vanos necesarios para su correcta ventilación.

"En los climas cálidos húmedos, los edificios pueden alargarse sin límite en dirección Este-Oeste y en estos climas los edificios alargados en dirección Norte Sur tendrán un consumo energético anormalmente elevado para compensar con refrigeración artificial los aportes solares importantes de las fachadas este y oeste en verano"⁸⁶

Si se analiza la suma de áreas expuestas al sol, de sus cerramientos o cualquiera de las orientaciones astronómicas e incluimos el techo o losa, esta última es la que recibe mayor carga calorífica

por la combinación del tiempo de exposición y el ángulo de incidencia del rayo solar sobre la superficie.

Esto conduce a deducir que la verticalidad de las construcciones es conveniente desde el punto de vista bioclimático, ya que esto genera menor superficie de losa y por lo tanto menor carga calorífica a su interior.

Tomando en cuenta que los vientos dominantes provienen del cuadrante sur poniente, el viento puede ser aprovechado desde su fachada sur para ser conducido por el interior del espacio construido y con ello reducir las ganancias de calor que presente.

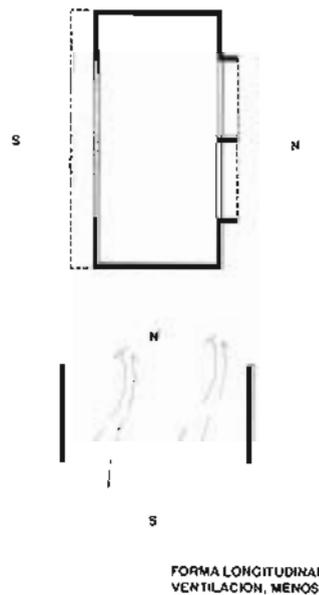
2.3.2 Ventilación

La alternativa más apropiada para reducir la carga calorífica acumulada al interior del espacio construido es mediante una efectiva ventilación.

En la ciudad de Culiacán, generalmente, la solución de ventilación a los espacios arquitectónicos es supuestamente satisfecha con un reducido vano que soluciona las necesidades de iluminación pero no las de ventilación, y mucho menos las de climatización del espacio.

⁸⁶ Mazria Edward, El libro de la energía solar pasiva. Gustavo Gili, Barcelona, 1983, p. 90.

Para generarse el movimiento del aire interior o la ventilación efectiva, físicamente requiere de un vano de entrada de aire y de un vano de salida del aire, sin ello difícilmente se obtiene una buena ventilación. Aunado a esto, se requiere de una proporción considerable del vano receptor y aún mayor del vano de salida, además de procurar que su ubicación genere un recorrido completo por el espacio interior.



Si se considera el primer patrón de diseño que dicta la necesidad de una orientación del edificio longitudinal este-oeste, se generan superficies amplias al norte y al sur para la ubicación de los vanos

encargados de proporcionar la ventilación necesaria al interior del espacio. Como ya se había mencionado, los vanos orientados al sur serán los encargados de captar el viento que recorrerá el interior del edificio y los vanos orientados al norte serán los encargados de expulsar el viento después del recorrido (ver tablas en anexos 3-14).



Además, esta disposición combinada (forma alargada de este a oeste y grandes vanos al norte y al sur) genera un recorrido más corto del viento en su interior, por lo tanto éste se realiza más rápido.

2.3.3 Protección solar

A propósito de las aseveraciones de la Carta de Atenas con respecto a la importancia de la orientación solar de las edificaciones, Tudela reflexiona: "A partir de la crisis del Movimiento Moderno se ha venido redimensionando el problema del soleamiento. Hoy ya no se piensa que pueda ser 'el Sol, y sólo el Sol, el que decida la orientación de la casa'. Se cuestiona abiertamente la validez de las simplificaciones racionalistas. El soleamiento pasa a ser un factor más, cuya jerarquía habrá que

establecerse en cada caso respecto al conjunto de las determinaciones de la forma urbano-arquitectónicas. En muchos casos, resultará apropiado dar prioridad en el diseño a otros factores. Lo que no es ya admisible en ningún caso es desconocer absolutamente la problemática del soleamiento, sobre todo cuando las técnicas elementales de predicción resultan ser bastantes sencillas”⁸⁷.

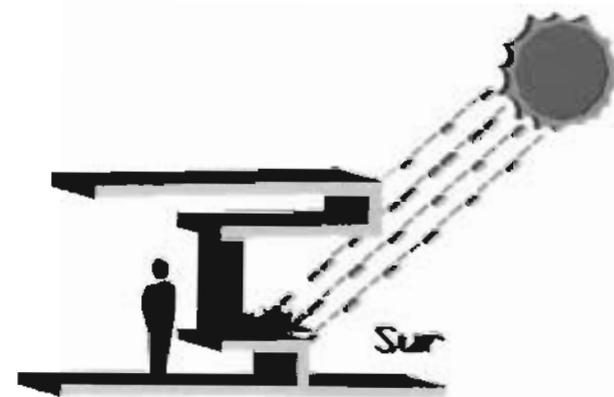
Tudela deja claro que la orientación sigue teniendo un lugar importante en el proceso de diseño y es inconcebible ignorar las trayectorias solares en diversas épocas del año para resolver los espacios arquitectónicos, más aun cuando las condiciones climáticas son tan complejas como las de la ciudad de Culiacán.

Con la edificación desarrollada de forma longitudinal con los vanos al norte y al sur⁸⁸, éstos deberán estar protegidos para evitar que a través de ellos se dé la radiación directa al interior del espacio y con ello producir un efecto invernadero⁸⁹ que incrementaría considerablemente las ganancias de calor.

⁸⁷ Tudela Fernando, Opus cit, p.198.

⁸⁸ Es importante, como se explica al inicio de este capítulo, la acumulación de cada uno de estos patrones de diseño y su aplicación global para tener un buen resultado de diseño arquitectónico bioclimático para la ciudad de Culiacán.

⁸⁹ El vidrio, que prácticamente deja pasar toda la radiación solar visible que sobre él incide, absorbe en cambio la mayor parte de la infrarroja de larga longitud de onda que intercepta. Esta propiedad del vidrio es muy apropiada en los sistemas captores de la energía solar. Una vez que la energía solar se ha transmitido a través del vidrio y es absorbida por los materiales del interior, la energía térmica



2.3.3.1 Orientación sur

Los vanos orientados hacia el sur (en el hemisferio norte), se presentan de manera muy positiva para satisfacer las necesidades de recarga calorífica en los sitios donde los inviernos son fríos. Esta ventaja está basada en la inclinación con la que incide el sol por el sur⁹⁰ sobre los elementos verticales. La inclinación siempre es mayor con una mayor latitud del lugar, pero también coincide en que las necesidades son mayores y el tiempo de exposición del sol es menor.

(infrarrojo lejano) que radian estos materiales no atravesará el vidrio. Este fenómeno que permite retener el calor se conoce como "efecto invernadero".

⁹⁰ Ver subcapítulo 1.3.4 de Geometría solar.

Esta combinación origina que en las edificaciones ubicadas en el hemisferio norte, los cerramientos orientados al sur sean la clave de una buena solución bioclimática, ya que a través de amplios vanos se puede obtener -mediante un efecto invernadero- una cantidad considerable de energía calorífica en la época que más se requiere de ella.

Estas valoraciones deben ser cuidadosamente interpretadas en cada región y la de la ciudad de Culiacán debe tener una lectura muy específica:

Culiacán se ubica en los 24° 48' latitud norte. Esta genera una inclinación mínima con respecto a la horizontal, de 40° 24', el día 21 de diciembre (valorando las inclinaciones de todos los días del año a las 12:00 hrs. mediodía). Esta inclinación varía día con día a partir del 21 de junio, cuando se presenta la inclinación máxima de 88° 39'⁹¹.

Es importante considerar la hora que se está tomando como referencia comparativa de todos los días del año, que es en la que más elevado está el sol en el día. Con ello podemos agregar que los rangos de incidencia solar desde las 9:00 hasta las 15:00 horas son de consideración, sobre todo en los meses comprendidos

de agosto hasta abril, ya que en mayo, junio y julio, la trayectoria solar afecta menos la fachada sur.

En este marco de valoraciones se puede definir que la fachada sur en la ciudad de Culiacán es incidida por el rayo solar durante el año los meses comprendidos entre agosto y mayo, de los cuales es importante resaltar como meses con altos grados de incomodidad térmica: agosto, septiembre y octubre, y de mediano grado de incomodidad a los meses de abril y noviembre.

Todo lo anterior deriva en la aseveración de que en la ciudad de Culiacán se deben proteger los vanos orientados al sur, para evitar en lo máximo posible la incidencia directa de energía calorífica en los meses antes señalados. Sólo en el rango de diciembre a marzo se puede decir que la incidencia solar directa al interior de la edificación no afecta, e incluso en diciembre, enero y febrero, es benéfica.

Los sistemas de diseño arquitectónicos pasivos tienen una importante gama de posibilidades de lograr el objetivo de proteger estos vanos, que paradójicamente cuanto más amplios sean y mayor ventilación permitan, mejor efecto de enfriamiento tendrá el espacio interior; desde el remetimiento de las ventanas, los parteluces -muy requeridos en la arquitectura funcionalista- hasta el portal, también utilizado en diferentes épocas en la

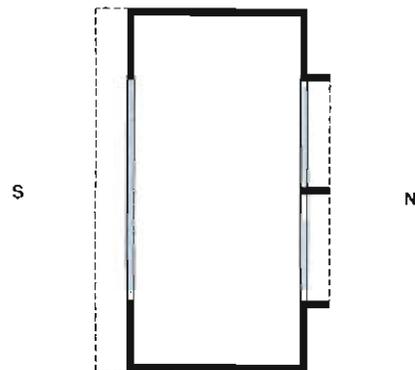
⁹¹ Ver subcapítulo 1.3.4 de Geometría solar.

región⁹² y una serie de implementos adicionales que se pueden utilizar.

Con el recurso de la geometría solar aplicada se puede definir con exactitud la necesidad de protección de acuerdo con la altura de los vanos y la variación que pueda tener la fachada con respecto al sur.

2.3.3.2 Orientación norte

La fachada norte es la más valorada en la ciudad de Culiacán, por la sencilla razón de que es la menos afectada por el sol, incluso erróneamente se asume que los rayos solares en los meses



de mayo, junio y julio alcanzan a penetrar por los vanos orientados al norte. A diferencia de la forma en que afecta a la fachada sur, el sol en estos meses, que son los que tienen los días con más luz solar en el hemisferio norte, afecta en los primeros y las últimas horas de su recorrida diario⁹³. Por lo anterior, se deriva que la incidencia solar es más en sentido horizontal que vertical, y la protección solar debe ser por consiguiente vertical.

Durante los meses de agosto hasta abril, prácticamente la fachada norte no es afectada directamente por el sol.

Es importante tomar en cuenta también la protección solar en la fachada norte, ya que de los tres meses en que es afectada, dos son meses con altos grados de incomodidad térmica (junio y julio)⁹⁴.

Aunada a la anterior, las protecciones para los vanos deben ser también tomadas en cuenta como elementos protectores de la lluvia. Los meses con mayor índice de precipitación pluvial son julio, agosto y septiembre, en los que la precipitación se presenta generalmente por las tardes, en horarios que coinciden con los momentos en que la humedad relativa y la temperatura llegan a los rangos máximos de incomodidad térmica. La precipitación

⁹² Ver subcapítulo 2.1 antecedentes de la vivienda en la ciudad de Culiacán

⁹³ Ver subcapítulo 1.3.4 de Geometría solar.

⁹⁴ Ver subcapítulo 1.3.5. Clima en Culiacán y tablas de anexos.

pluviol obviamente saturo el grado de humedad relativa, pero reduce considerablemente la temperatura ambiental al exterior de las edificaciones, mismas que mantienen la acumulación del calor del día y no pueden adelantar su enfriamiento al no poderse abrir los vanos y permitir la ventilación por falta de elementos protectores contra la lluvia.

Amos Rapoport, al referirse a las cubiertas en las viviendas tradicionales de los climas cálidos húmedos, asegura que en estas viviendas, la cubierta se convierte en el elemento dominante y se conforma como "una sombrilla enorme y a prueba de agua, con una inclinación para dejar caer las lluvias torrenciales; opaca a la radiación solar, con una masa mínima para evitar la acumulación de calor y la radiación subsiguiente. También evita los problemas de la condensación al ser capaz de 'respirar'. Los aleros protegen del sol y permiten que haya ventilación durante la lluvia."⁹⁵

Es paradójico, pero real en Culiacán, que en medio de una copiosa lluvia vespertina de agosto o septiembre, las edificaciones deban permanecer herméticamente cerradas al agradable clima exterior y con sistemas mecánicos de enfriamiento por lo menos durante el tiempo que dura la precipitación, para evitar escurrimientos al interior. La bondad de la lluvia, desde el punto de

vista climótico, es un recurso poco aprovechado en esta ciudad, sobre todo si tomamos en cuenta que se presenta en horarios en que más se requiere de un mecanismo pasivo de climatización.

2.3.3.3 Orientación Oriente y Poniente

Lo ideal para un buen diseño es evitar vanos al oriente o al poniente. No siempre se puede cumplir con esta recomendación, si es el caso, el vano deberá ser protegido para evitar la incidencia del sol. Esto puede ser con parieluces o extensos volados y siempre tratando de hacerlo lo más reducidos posibles. Para volados al oriente o al poniente debe considerarse la forma en que afecta prácticamente durante 6 horas de promedio, en cada una de las fachadas, de una forma directa y horizontal por el este hasta la casi vertical del mediodía, que ya no afectaría tanto, y desde la vertical a la horizontal por el oeste.

El tiempo y la inclinación con que afecta la radiación solar a estas fachadas es exactamente el mismo⁹⁶, siempre y cuando exista cielo despejado todo el día. Pero existe una considerable diferencia en las condiciones en que se recibe la carga calorífica en cada una de estas fachadas, mientras que en las primeras horas del día, cuando inicia la incidencia en la fachada este, el edificio no mantiene un calor acumulado (perdido durante la

⁹⁵ Rapoport, Amos. Vivienda y Cultura. Gustavo Gili. Barcelona, 1972, p 125.

⁹⁶ Ver subcapítulo 1.3.4 de Geometría solar.

noche) en cambio, en las primeras horas en que afecta a la fachada oeste, a partir del mediodía, el edificio ya tiene una carga calorífica muy considerable y la incidencia del sol por el oeste se resiente más.

Esto quiere decir que las cargas caloríficas de ambas orientaciones son muy similares, pero las condiciones térmicas del interior del edificio en el momento en que se recibe una y otra carga son muy diferentes.

2.3.4 Vegetación

La vegetación juega un papel igual de importante que los anteriores patrones. Es difícil pensar en una buena solución de diseño arquitectónico bioclimático, para el clima de Culiacán, sin utilizar vegetación.



Si se aplican los patrones antes mencionados y el edificio tiene una forma longitudinal de oriente a poniente, si sus vanos son al sur y al

norte, y éstos están debidamente protegidos y amplios, entonces se producirá una buena ventilación cruzada, pero para ello es necesario tratar de que el viento que accede al edificio sea lo más fresco posible y eso se logra con el uso de la vegetación.

Como afirma Nicté Olivares, "la vegetación purifica el aire y almacena parte de los contaminantes de éste, tales como las partículas suspendidas entre otras. Además, como producto de la fotosíntesis durante el día, emite oxígeno a la atmósfera."⁹⁷ De muy poco servirían los anteriores patrones de diseño si el viento que introducimos tiene elevadas temperaturas y altos índices de contaminación.

Se requiere generar un microclima alrededor del edificio, principalmente al sur de éste, para poder modificar la temperatura y la humedad del viento que ingresará al edificio, acciones que según Jean Louis Izart se logran con la vegetación. "La vegetación emite vapor de agua por medio del follaje. La emisión de vapor de agua es debida a la evaporización de las lluvias y rocíos (es escasa en el medio urbano), y la transpiración fisiológica del vegetal. Una hectárea de bosque puede producir por evapotranspiración cerca de 5000 toneladas de agua al año. En el medio urbano, el consumo de calor latente por evaporización de

⁹⁷ Olivares Sandoval, Nicté, "Vegetación y ambiente" en Lacomba, Ruth (comp.) *Manual de arquitectura solar*, México, D.F., Trillas, 1991, p. 119

este vapor de agua permite obtener un descenso de la temperatura ambiente. Unas medidas comparativas de temperatura han mostrado que puede existir una diferencia de 3.5°C entre el centro de la ciudad y los barrios extendidos a lo largo de una banda de vegetación de una profundidad variable entre 50 y 100m."⁹⁸

Por lo tanto, es conveniente ubicar una zona de vegetación de fronda mediana, que deje pasar un mínimo de iluminación, y con la altura suficiente para dejar circular el viento bajo la sombra a la altura de los vanos. Este viento experimenta un proceso de enfriamiento y humidificación antes de ingresar al edificio, de tal forma que no genera la incomodidad que generaría su omisión.



Podría ser que esta condición pudiera incrementar la humedad excesivamente en las fechas en que la humedad se hace presente con mayor porcentaje (de julio a octubre) y las temperaturas también están por arriba de los índices de comodidad. Para ello pudiera desahogarse parcialmente la

ventilación con una poda moderada en esta época, sólo para reducir la fronda y permitir un poco más de ventilación y reducir la humidificación del aire.

Desde luego, son fechas difíciles de solucionar sin la ayuda de medios mecánicos de ventilación que, aunados a los métodos pasivos ya utilizados, pueden evitar medios más costosos de enfriamiento del aire.

Además del efecto viento, también es considerable lo que se puede lograr con una buena aplicación de la sombra que ofrecen los árboles alrededor del edificio. María Schjetnan, al plantear las recomendaciones generales de adecuación al medio natural para clima tropical húmedo, afirmó: "Es indispensable que la casa esté rodeada de vegetación que provoque sombra sobre los pavimentos y el techo de la casa; la vegetación recomendable es la de hoja perenne, que permita el paso del viento y al mismo tiempo lo refresque como es el caso de las palmeras, por ejemplo."⁹⁹

La anterior recomendación incrementa su importancia en climas como el de la ciudad de Culiacán, donde la incidencia solar en los muros con mayor exposición al sol (oriente y poniente) y por

⁹⁸ Izart, Jean Louis. *Arquitectura bioclimática*, Gustavo Gili, México, D.F. 1983, p. 47.

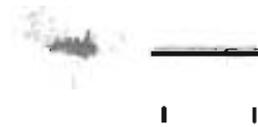
⁹⁹ Schjetnan, María, Jorge Calvillo y Manuel Peniche, *Principios de diseño urbano ambiental*, Árbol editorial, México, D.F., 1997, p. 46.

supuesto, en la losa de azotea, son factores fundamentales para el incremento del calor en el interior de la edificación. Si éstos logran ser sombreados la mayor parte del tiempo de exposición solar, se lograrán significativos resultados.

Existe una gran variedad de especies de vegetación, regionales y exóticas, que pueden ser aplicadas para contrarrestar la ganancia de calor en las edificaciones. Las de carácter regional son las más recomendables¹⁰⁰ por su fácil mantenimiento, aunque en ocasiones especiales es necesario modificar microclimas, para lo cual se requiere de algunas especies exóticas seleccionadas entre las que han demostrado mayor adaptación a las condiciones ambientales del lugar.

Muchas otras funciones bioclimáticas puede cumplir la vegetación:

Los árboles pueden ayudar a mejorar las condiciones de la tierra, aportando materia orgánica y un porcentaje considerable de humedad para evitar su erosión. De acuerdo a su forma, pueden ayudar a conducir vientos, o en su defecto desviarlos.



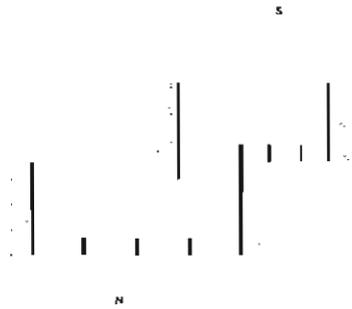
Los setos o arbustos también cumplen la función de desviar vientos y convertirse en barreras que impidan la reflexión desde superficies pavimentadas expuestas al sol a los interiores del edificio.

Los cubresuelos sustituyen pavimentos u otros materiales con una capacidad de reflexión muy alta. Los pastos u otras especies utilizadas como cubresuelos, absorben una buena cantidad de radiación que podría destinarse al interior del edificio.

En la ciudad de Culiacán es muy común que los pisos exteriores de la casa, sean del frente o posteriores, se cubran completamente con concreto, muchas de las veces sin espacio para árboles, con la idea de dar una mayor "higiene", asumiendo que la materia orgánica de la vegetación se le llama incluso "basura". Esto ha generado, en conjunto, grandes masas de superficies de cemento con pocas posibilidades de drenar los suelos y mucho menos de enriquecerlos con la materia orgánica que la vegetación incorpora.

¹⁰⁰ Ver subcapítulo 1.3.2 de Flora y Fauna

Las trepadoras, por su parte, pueden cubrir cerramientos expuestos a la incidencia directa del sol, reduciendo así un alto porcentaje de calor que podría afectar por radiación al muro. La planta absorbe radiación, ensombrece el muro y le permite algo de ventilación.



En cualquiera de sus aplicaciones, ya sean árboles, arbustos, cubresuelos o trepadoras, el beneficio será en diversos sentidos además del bioclimático, ya que al utilizarlas en algún espacio arquitectónico, psicológicamente se ayuda a reducir el estrés, a crear microclimas saludables; el color, generalmente oscuro, de su follaje contrasta con los colores claros de los pavimentos de concreto y ayuda a reducir su molesto efecto reflectante.

2.3.5 Ventilación inducida

"Cuando el flujo de aire es insuficiente para ventilar la casa se puede establecer la corriente convectiva en el interior, utilizando

el efecto de chimenea o presión negativa en la techumbre de la casa."¹⁰¹

La ventilación se puede provocar cuando escasea. Los cambios de temperatura pueden ser benéficos para generar una ventilación que ayude a movilizar el aire interior por otro que tendrá que ser más fresco. Esto se logra con una soldadura en los límites superiores e interiores de la losa de azotea del edificio; el aire caliente, por convección, tiende a subir y si encuentra vanos en la parte superior, soldadura, provocando con ello la necesaria entrada de aire nuevo al edificio. Este nuevo aire, se tendrá que cuidar que sea más fresco y ello se logra cumpliendo los patrones anteriores. Cuanta más diferencia de temperatura exista entre el aire que entra y el que sale, mayor será la velocidad del viento inducido.

2.3.6 Colores

El color tiene una repercusión muy importante en la cantidad de calor que puede absorber o reflejar un material. Cuanto más claro es el material más calor refleja y cuanto más oscuro más absorbe.

¹⁰¹ Deffis Caso, Armando. *La casa ecológica autosuficiente. Para climas cálido y tropical*. Concepto. S.A., México D.F., 1989, p.151.

| Capacidad de reflectancia de algunos colores aplicados ¹⁰² | |
|---|------|
| Yeso con pintura blanca | 0.85 |
| Amarillo claro | 0.75 |
| Amarillo ocre | 0.50 |
| Café | 0.30 |
| Azul Cobalto | 0.15 |
| Verde Cromo | 0.15 |
| Rojo | 0.09 |
| Verde Hierba | 0.01 |

Podría parecer lógico que para un buen funcionamiento térmico interior de un edificio sería pintar de blanco todas las paredes exteriores. Sin embargo, esto también genera un problema de reflexión en el ámbito urbano, que es necesario tomarse en cuenta. Para ello es más recomendable aun utilizar colores claros pero no blancos, y en la medida de lo que sea posible que éstos no estén directamente expuestos al sol (sombreados por vegetación) para reducir la incomodidad que generan al exterior.

En cambio, para interiores es muy recomendable abundar en colores claros –incluso blancos– para reducir las necesidades de

¹⁰² Fuentes Freixanet, Víctor, "Arquitectura y energía, control térmico en edificaciones" en Lacomba, Rulh (comp.) *Manual de arquitectura solar*, México D.F., Trillas, 199. p. 232.

iluminación artificial), aprovechando la capacidad de reflexión de los colores claros.

Para el caso de la cubierta o losa de azotea, sí es importante evitar los colores con alta capacidad de absorción (muy utilizado por el material impermeabilizante de color negro). Es el elemento que mayor carga calorífica recibe, por lo que se le debe dar una atención especial y, a diferencia de los cerramientos, afectan menos al espacio urbano con su reflexión, por lo que aquí sí es conveniente usar los blancos o colores más claras.

2.3.7 Ventilación de materiales

"Otra manera de escudar el techo consiste en presentar dos placas que formen el techo. La placa superior será la que reciba el calentamiento. Entre ambas copas se permitirá que el espacio se ventile. De esta manera, el calor captado se evacuará con este flujo de aire del medio ambiente, y la placa inferior, cuyo sobrecalentamiento es el que puede presentar problemas de incomodidad, tendrá una temperatura que oscilará alrededor de la del medio natural. Una solución en la que hemos estado trabajando es con la vigueta y bovedilla, simple y económica."¹⁰³

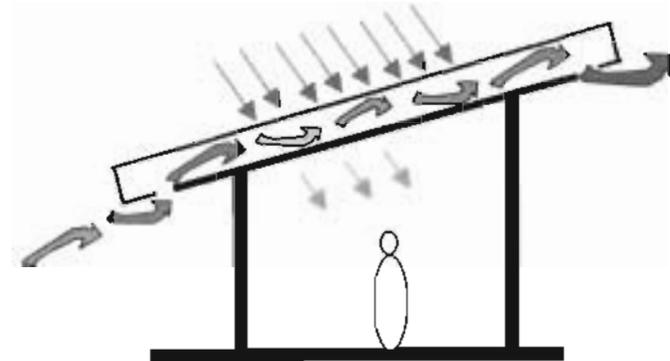
¹⁰³ Sámano, D.A., Morales, Diego, David Morillón y B. Vázquez, "Aspectos bioclimáticos en el diseño de edificios confortables de máxima eficiencia energética", en Pilatowsky Figueroa, Isaac

Los materiales de cerramientos y losa de azotea de un edificio tienen la posibilidad de reducir su proceso de conducción del calor al interior del mismo mediante su ventilación interna.

El Dr. Diego Morales ha logrado comprobar la efectividad en su investigación *Estudio de techos de edificios construidos para operar en forma pasiva*, en el que presenta el edificio del Laboratorio de Energía Solar de Temixco Morelos, a base de cubiertas con bovedillos, que dan la posibilidad de dejar la primera y última hilera con entrada y salida de aire, de tal forma que el viento recorre la superficie interior de la misma y con ello reduce el proceso de transmisión de calor por conducción al generar un enfriamiento por convección.

“El valor máximo de la temperatura en el plafón fue en todos los casos del orden de tres veces menor respecto al valor máximo de la temperatura en la superficie exterior del techo, con un desfase en el tiempo en que ocurrió cada uno del orden de tres horas. Lo anterior muestra por una parte, el escudo que proporciona la cubierta exterior del techo al plafón del mismo, y por otra parte, la

alta inercia térmica que presentan los materiales de construcción de la techumbre estudiada.”¹⁰⁴



Cabe resumir las recomendaciones generales que hace el Dr. para el uso de este sistema:¹⁰⁵

- Conformar, mediante una doble placa, un ducto que atraviese longitudinalmente el techo, con separación de las placas de mínimo 8cm.
- El espesor de la placa superior puede ser de 5cm, mientras que la inferior puede ser menor.
- Se debe garantizar la inclinación de la techumbre, para asegurar la descarga de calor por flotación.

(responsable) *Notas del Curso de Actualización en Energía Solar*, Universidad Nacional Autónoma de México, Temixco Morelos, 1993, p. 320.

¹⁰⁴ Morales Ramírez, José Diego. *Estudio de techos de edificios construidos para operar en forma pasiva*, tesis para doctorado. UNAM, México DF., 1993, p. 71

¹⁰⁵ *Ibidem*, pp. 69 y 70.

- Para lo anterior se debe tener un área de entrada de la ventilación en la parte baja y uno de salida en la parte más alta, con una orientación de manera que el viento dominante entre por la parte inferior.
- Las dimensiones de las perforaciones de ventilación pueden ser las equivalentes al ancho de la bovedilla, que se puede lograr rompiendo la placa inferior de la bovedilla del extremo inferior y la del extremo superior, esto a todo lo largo de la losa.
- La ubicación de la entrada se recomienda la zona de presión positiva máxima del viento, que es la esquina que forma la losa con la trabe del muro.
- La utilización de la vigueta y bovedilla se recomienda por la accesibilidad y adecuación del sistema.
- Se recomienda que las placas tengan el menor contacto posible para reducir la transmisión de calor por conducción.

2.3.8 Humidificación

En Culiacán existe un periodo de incomodidad térmica, antes descrito, en el que se observan dos etapas: la de alta temperatura y alta humedad (julio o octubre) y la de alta temperatura y baja

humedad (marzo a junio). Para esta última se puede optar por el recurso de humidificación del aire para reducir la temperatura ambiental. En todo caso lo importante será utilizar un mecanismo de uso temporal, para poder controlarlo y que se active sólo cuando sea necesario.

Las fuentes, espejos de agua o recipientes con agua en puntos estratégicos para poder humidificar el aire antes de introducirse en el inmueble, son los mecanismos más comunes para lograr este objetivo.

2.3.9 Materiales

El uso de los materiales y sus posibilidades de repercutir en las mejoras térmicas ambientales de un espacio arquitectónico es un tema que se tiene que analizar con prudencia y saber hacer la mejor elección sin que esto pudiera salir contraproducente.

Los materiales tradicionales para muros y techos principalmente son el tabique, block y concreto para los primeros y la bovedilla, concreto armado, y concreto aligerado para el segundo.

Muros

Tanto para el tabique como para el block de concreto se utilizan espesores de 12 a 15 cm., ya incluyendo acabados. Si estos cerramientos tienen una exposición prolongada al Sol, son los

encargados de acumular la energía calorífica que luego se transmite lentamente al interior del edificio. Si los muros no se exponen al Sol, estos tendrán muy baja captación de calor y evidentemente generarán pocos problemas a su interior.

Existe la posibilidad de "aislar" estos cerramientos con diversos productos que se ofrecen en el mercado hechos a base de poliuretano, con muchas propiedades de aislamiento térmico comprobado, pero que pudieran ser poco productivo si no se cuidan los otros patrones antes mencionados.

Es decir, si se tienen muros aislados térmicamente y no se evitan ventanas al poniente, se va a tener una acumulación de calor en el espacio interior que incluso puede ser más complicado expulsarlo.

Techos.

Los techos generalmente son los responsables de transmitir la mayor cantidad de calor al interior del edificio. Cuando estos se hacen de concreto armada -generalmente de grosores entre 8 y 15 cm, dependiendo de los claros- se comportan como un "radiador" una vez que éste absorbe la energía calorífica la expulsa lentamente al interior del edificio.

Para el caso de Culiacán, en que esta acumulación de calor en sus muros y techos se genera durante el día, ocasiona el excesivo uso de los aires acondicionados en la noche, cuando

generalmente a la intemperie se tiene una temperatura ambiente que podría definirse soportable (ver anexos 3-14).

Las mejores opciones son los materiales que tengan la opción de ser ventilados¹⁰⁶ o en su caso los materiales aislantes ya sean los casetones o con cubiertas de poliuretano, siempre y cuando se apliquen el resto de los patrones de diseño bioclimático antes expuestos.

2.3.10 Arquitectura sostenible

"La sostenibilidad es vista cada vez más como el principal argumento del diseño arquitectónico en el siglo XXI. El motivo es tanto espiritual como práctico. En el plano físico, el ecosistema terrestre se halla sometido a una gran presión debido al calentamiento global. Toda arquitectura que elude este problema y no sea medioambientalmente sostenible carecerá de validez moral. Como hemos visto, la sostenibilidad tiene sin duda una dimensión social y estética. La función de la tecnología es servir de puente entre ambas, compaginando mejora social y armonía ecológica. De este acuerdo surgirá un nuevo orden arquitectónico, con nuevas tipologías para todo tipo de edificios y nuevas tecnologías para equiparlos. Se trata en definitiva de un

¹⁰⁶ Ver subcapítulo 1.3.4 de Geometría solar.

nuevo paradigma arquitectónico, que reconciliará finalmente el hábitat humano y la naturaleza."¹⁰⁷

La cita de Edgard engloba lo que significa este nuevo paradigma ineludible para el siglo XXI. Hay países avanzados en este rubro pero ninguno consolidado, el proceso para asimilar una nueva forma de interpretar la arquitectura en el que se tiene que visualizar posibles escenarios futuros y evitar con ello afectar no ya nuestro futuro sino el futuro de este planeta y de todas las generaciones en lo sucesivo.

La arquitectura sostenible es requerida y en el género de vivienda podría venir a subsanar muchos de los impactos que se han generado, principalmente en las últimas décadas.

Culiacán arriba al siglo XXI con una carga difícil: lo especulación y el derroche que ha generado la producción incontrolada de vivienda de interés social sin el menor esfuerzo de generar un espacio digno, cómodo, que signifique el ideal que todo ciudadano tiene de mejorar su calidad de vida.

La calidad de vida va más allá del uso de materiales duraderos o tradicionales (ladrillo, block, cemento, vidrio, etc.), el estilo de vida

no puede ser valorado positivamente si no se tiene las mínimas premisas de comodidad ambiental en su hogar y su contexto.

La calidad de vida se debe medir de acuerdo con las condiciones de habitabilidad y sostenibilidad de su espacio, tanto de trabajo como de habitación, y el diverso equipamiento básico que todo habitante necesita.

La sostenibilidad implica un replanteamiento total con miras a crear un hábitat con futuro, con condiciones para prosperar y mantener el contacto íntimo con nuestro medio ambiente vital para el bienestar físico y psicológico.

Una definición de Edwards hacia la vivienda sostenible se resume de la siguiente forma: "...la que crea comunidades sostenibles de un modo eficiente en cuanto al consumo de recursos. Los recursos a los que nos referimos son, naturalmente la energía, el agua, el suelo, los materiales y el trabajo humano."¹⁰⁸

Según las concepciones de Edwards y Hyett, Las viviendas sostenibles deben:

- Ser eficientes en el consumo de energía

¹⁰⁷ Edwards, Brian y Hyett, Paul. Rough Guide to Sustainability. Gustavo Gili. Barcelona 2004. p. 89

¹⁰⁸ *Ibidem*, p. 105.

- Ser eficientes en el uso de otros recursos, especialmente del agua
- Estar diseñadas para crear comunidades robustas y autosuficientes
- Estar diseñadas para tener una larga vida útil
- Estar diseñadas para garantizar la flexibilidad en cuanto al estilo de vida y la propiedad
- Estar diseñadas para maximizar el reciclaje
- Ser saludables
- Estar diseñadas para adaptarse a los principios ecológicos

El diseño de viviendas sostenibles trasciende la mera organización de sus atributos físicos. Sólo podrá considerarse un éxito si conlleva prosperidad económica y cohesión social, proporciona seguridad, promueve el bienestar social y mejora la salud individual, local y globalmente.

“Todo esto, junto con el ahorro energética, hace que la vivienda sea una de los tareas más complejas o los que se enfrenta el arquitecto. La vivienda sostenible asocio lo físico, lo social y lo cultural en un único programa.”¹⁰⁹

¹⁰⁹ Ídem.

2.4 Aplicación de patrones en la vivienda de Interés Social (Casos específicos)

Los dos ejemplos de casa habitación que se analizarán en este subcapítulo son el mismo prototipo, pero con empleo y adecuaciones diferentes.

El prototipo es de una vivienda con un programa tradicional de vivienda media, de tres recámaras en dos niveles, con 70m de construcción en terrenos de 104 m² (6.50 x 16m), aunque ambos ejemplos cuentan con excedente de terreno. Incluye sala, comedor, cocina, tres recámaras, un baño y medio, área para cochero y una pequeña área para lavadero.

Los materiales de sus muros son de bloc hueco, con aplanado y pintura de agua al exterior y aparentes con pintura de agua en su interior. La cimentación es de losas corridas para sistema en serie. La azotea y entrepiso son de sistema prefabricados de losetas huecos y viguetas, con impermeabilizante plato.

Ambas casas se ubican en la colonia Villas del Río, a 40m de distancia una de la otra, con variantes que se precisarán más adelante.

Sus ventanas son de manguitería de aluminio, de dos hojas, con ventana corrediza, lo cual deja la mitad de superficie como área de ventilación. Las ventanas principales –de las tres recámaras, comedor y sala- son aproximadamente de 1m², lo cual significa que cuentan en cada vano con 0.5m² de área de ventilación. Otras ventanas menores son las de ambos baños y de la cocina.

2.4.1 Variantes para ambos casos

Casa Frida-Sebastián

Esta casa tiene una orientación astronómica acertada, con la fachada principal al norte y su fachada posterior al sur; con construcciones iguales para ambas colindancias, de tal forma que protege un área importante de los muros oriente y poniente. El terreno tiene un excedente de tal forma que se prolonga hacia el sur y se genera un patio posterior de 8m por 6.5m de ancho. El patio trasero tiene varios árboles, de los cuales uno de ellos (limón) se le puede considerar de mayor altura, aunque es el más alejado de la construcción.

Cabe mencionar que el área destinada a lavadero fue techado y se instaló a manera de extensión una cubierta de mallalac 6x6

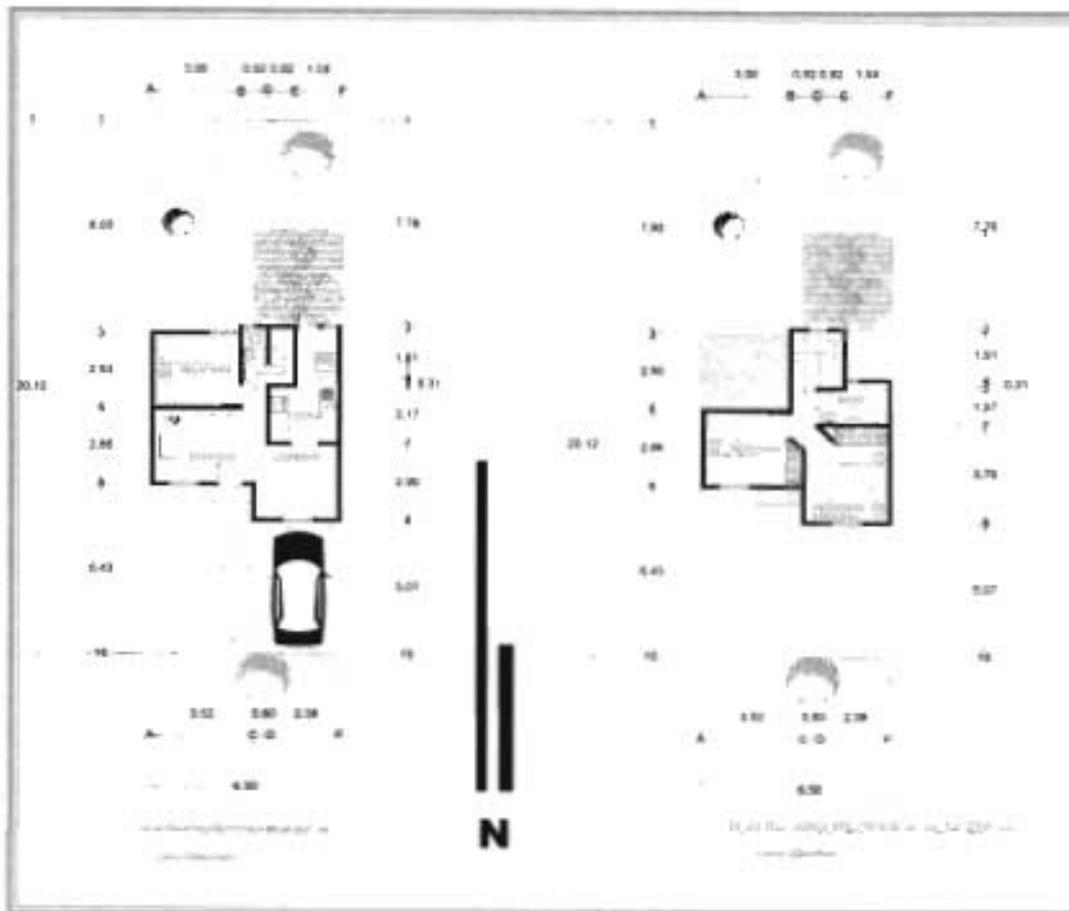


Imagen 73. CASA FRIDA-SEBASTIÁN

donde se desarrolló una enredadera que cubre una superficie inmediata al lavadero de 12m².

Los pisos del patio posterior son de cerámica y de ladrillo hasta los cuatro metros de fondo y el resto es pasta y tierra, donde también hay árboles y plantas de ornato, entre las que se pueden mencionar: un arrayán, un litchi, una palma enana y una bugambilia.

Al frente, se tiene piso de jardín con sólo huellas para dos autos. Y sobre la banqueta dos almendros adultos (5m de altura) y una bugambilia que cubre parte de la pared de una recámara de la segunda planta.

Vivir Mejor

El frente de esta casa se orienta hacia el poniente; el terreno tiene un poco de excedente que se refleja en el ancho del terreno (7.5m), de tal forma que se genera un pasillo de servicio, dispuesto al lado sur de la vivienda y sólo al norte tiene colindancia adosada a la construcción. El patio posterior tiene un árbol (guayaba) de 3m de altura, en la esquina sureste. El suelo del patio está cubierto de ladrillo en una parte y la otra permanece sólo con tierra aplanada.

Al frente, se tiene piso de jardín con las huellas para un auto. Y sobre la banqueta un almendro de 4m de altura.

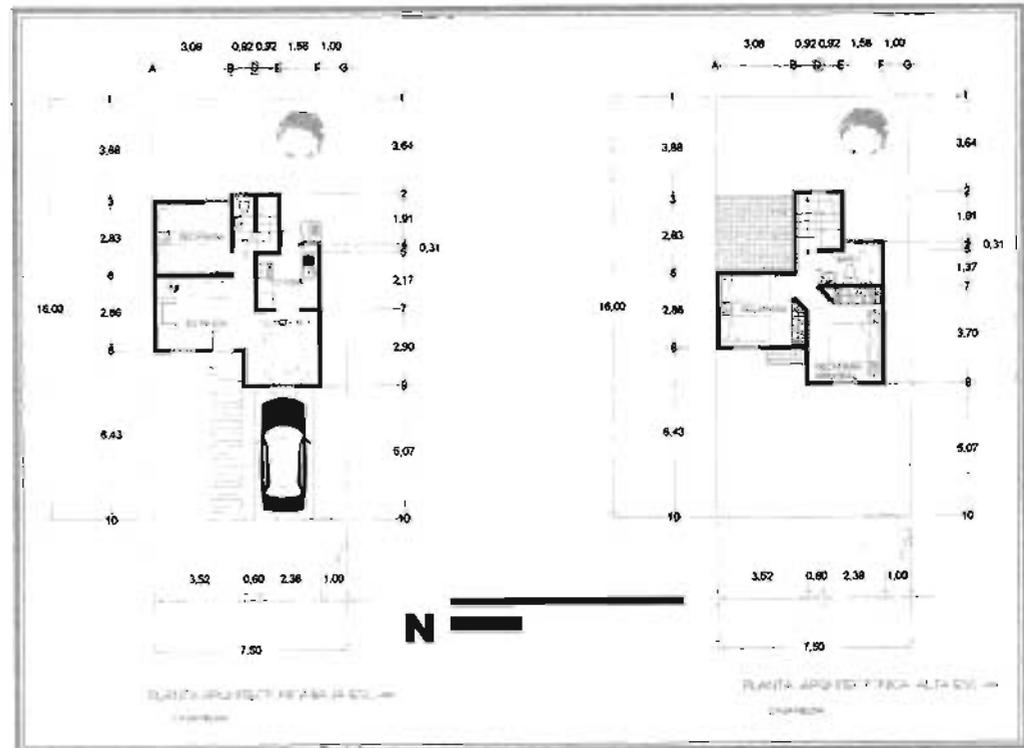


Imagen 74. CASA MELISA.

Casa Frida-Sebastián. De todos los muros envolventes de la casa, considerando los cuatro puntos cardinales, sólo se tienen expuestos al poniente o al oriente, una parte del comedor y de la recámara principal en segundo nivel, así como ambos costados del cubo de la escalera (ver imagen 73). La mayor parte de sus muros están expuestos al norte y al sur y el resto de los muros oriente-poniente están protegidos por la colindancia.

Casa Melisa. De todos sus muros envolventes, la mitad de ellos están orientados al poniente o al oriente (ambas fachadas). Esto produce una excesiva carga de energía calorífica en ellos y su consecuente transmisión nocturna al interior, producto de la inercia térmica que generan sus materiales. Afecta a la totalidad de los espacios interiores.

A pesar de esta significativa diferencia, es de tomarse en cuenta que la "fachada" que más acumula y transmite calor a su interior, -en estos casos a las plantas altas- de la construcción es la

cubierta, que a pesar de ser de bovedillas, al no estar ventiladas tienen una transmisión de energía muy alta al interior del edificio. Es por esto que las diferencias en las mediciones de temperatura y humedad no son muy grandes.

La ventilación para ambos casos se produce de una manera muy similar, ya que los vanos que cumplen esa función están orientados al sur y al norte (en la casa Frida-Sebastián) y al

poniente y oriente (en la casa Melisa). Lo que genera que en cualquiera de los casos la ventilación impacte a sus vanos con un ángulo de 45°. Lo anterior se cumple tomando en cuenta que los vientos vespertinos vienen exactamente del sur poniente y los nocturnos del noreste.

Pero si consideramos que el vespertino es el viento dominante, entonces la casa Melisa se presenta con mayor ventaja al tener la mayoría de sus ventanas principales con posibilidades de ser ventiladas por el poniente, mientras que la casa Frida-Sebastián sólo tiene la ventana de la escalera, de la recámara del primer piso y de la cocina orientadas al sur, con posibilidades de captar el viento dominante.

2.4.2.3 Protección solar

Casa Frida-Sebastián. De las cinco ventanas principales, que corresponden a las tres recámaras, sala y comedor, cuatro están orientadas al norte. Esto genera una escasa incidencia solar directa a través del vidrio. Sólo el poco tiempo que afecta por el norte, con un ángulo muy reducido, de tal forma que no influye en el calentamiento de su interior.

La ventana de la recámara de planta baja que está orientada al sur, en cambio, sí tiene una incidencia directa del sol a su interior, principalmente en el periodo entre agosto y abril, de los cuales

podemos excluir sólo diciembre y enero como meses en que no se tienen problemas térmicos, por lo cual se deduce que este espacio tiene problemas de calentamiento. Esto también sucede en el cubo de la escalera que, a pesar de no ser un espacio de uso continuo, si está directamente relacionado con la sala comedor y las dos recámaras de planta alta, por lo cual es de considerarse también su afectación.

Casa Melisa. Las ventanas que en la casa Sebastián-Frida están orientadas al norte, en este caso están orientadas todas al poniente. Esto genera evidentemente una carga calorífica muy significativa, por el efecto invernadero, o por calentamiento de los materiales interiores, de los pisos y del aire contenido dentro del espacio. Pero el caso de la recámara en planta baja y de la escalera sucede algo similar al poniente, por lo que la carga calorífica se da en todos los espacios, en verano con mayor intensidad y en invierno con menor.

Tal vez éste sea el factor que más afecta a este modelo contra el otro, ocasionado por el equivocado emplazamiento del lote. De acuerdo con la Imagen 75, las salas de ambas casas tienen un comportamiento diferente. En la sala de la casa **Melisa**, sus temperaturas interiores se mantienen cercanas a las exteriores, mientras que en la casa **Frida Sebastián** la interior muestra mucha diferencia con la exterior. Esto se explica por la alta incidencia

solar en ventanas y muros para este espacio en la casa Melisa, mientras que en el cubo de la escalera las diferencias no son muy notorias ya que en este espacio, en ambas casas, el Sol afecta considerablemente (Imágenes 75, 76 y 77)

2.4.2.4 Vegetación

Casa Frida-Sebastián. La vegetación en esta casa tiene influencia hacia el clima interior de la casa. El jardín que se tiene desarrollado al sur impide que el aire que circula por este espacio y que penetra a la casa sea excesivamente caliente; la temperatura del aire viene atenuada por el efecto humidificador de la vegetación. Al frente, es decir, al norte, se tienen dos grandes árboles (almendros) que también ayudan a filtrar el aire y la incidencia solar que puede generarse de manera indirecta (reflejada de los pavimentos). Además, los pisos de pasto absorben una buena cantidad de la energía calorífica que genera y transmite el Sol.

Casa Melisa. Aunque tiene menos vegetación, esta casa se encuentra ligeramente protegida en sus fachodas más afectadas por el Sol. Al poniente se tiene un almendro grande que indudablemente también beneficia a su fachada, ya que reduce la incidencia solar -directa a indirecta- proveniente de los pavimentos de la calle, aunque nunca la suficiente como para evitarla.

En la fachoda este (posterior) se tiene vegetación de poco impacto, aunque también se puede decir que no existen materiales que puedan alterar las temperaturas del aire, como sí sucede al frente.

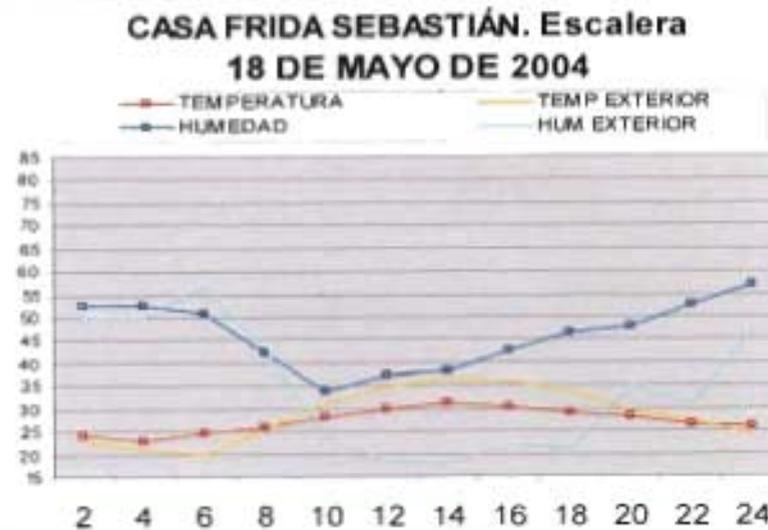
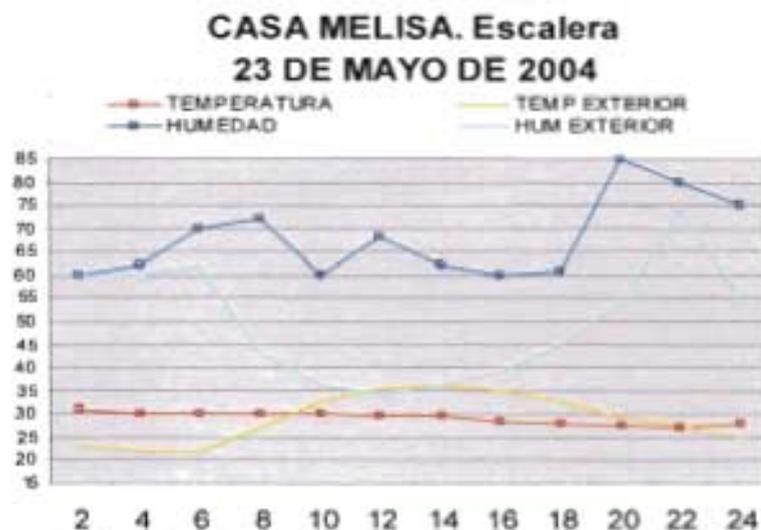
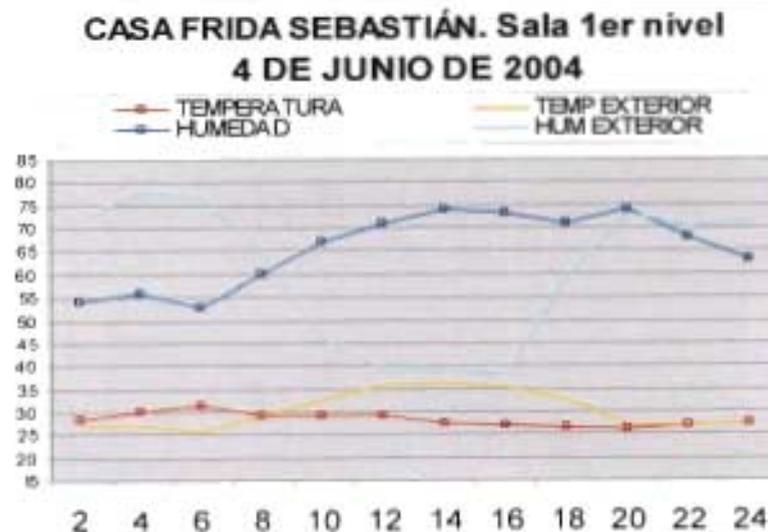
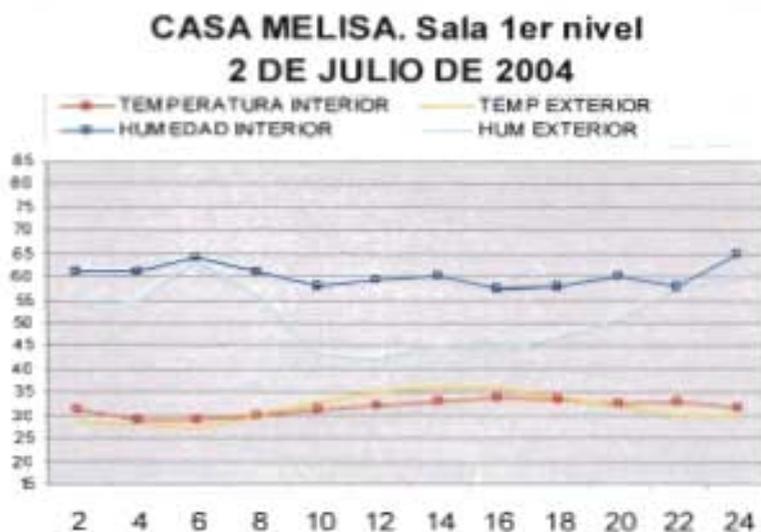
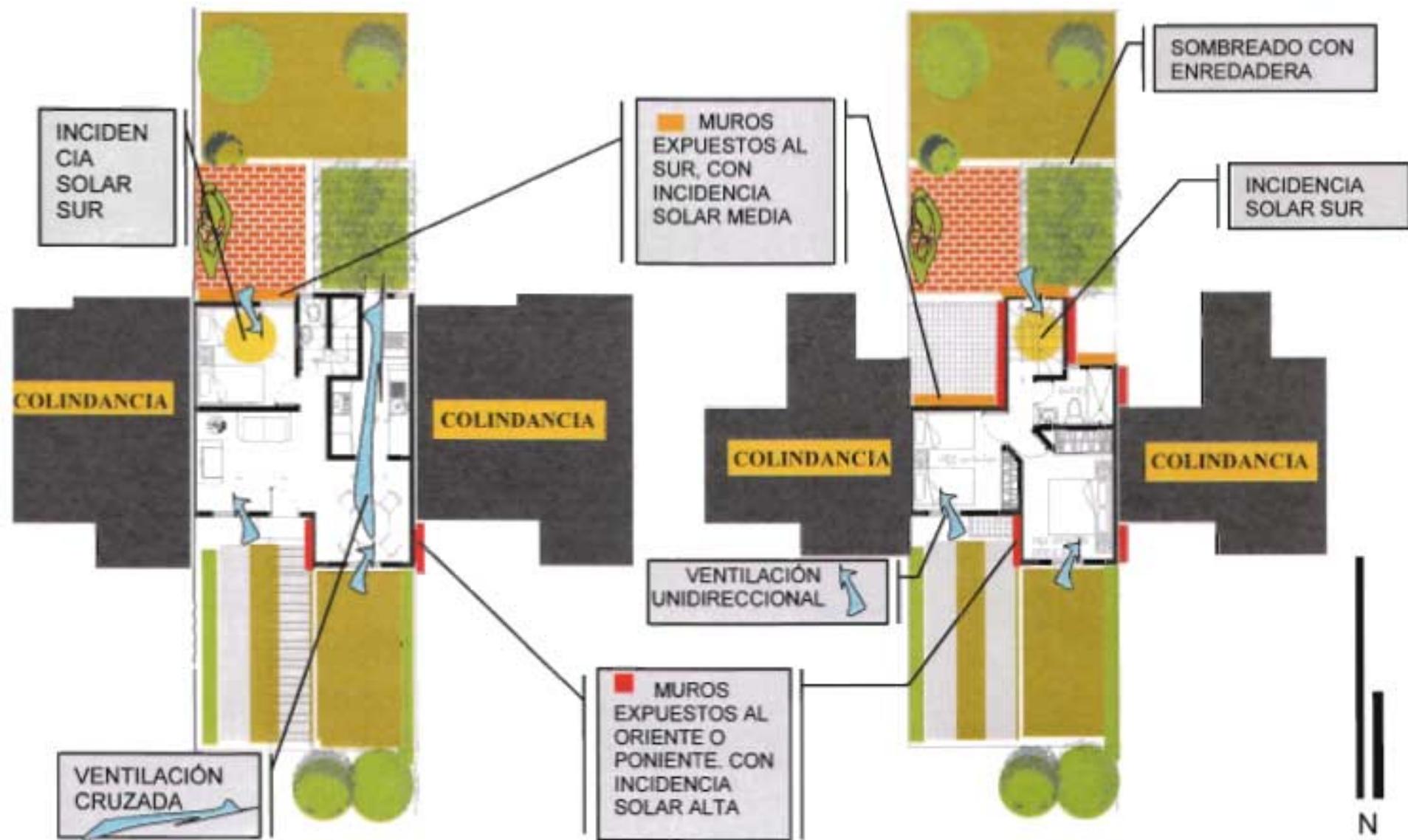
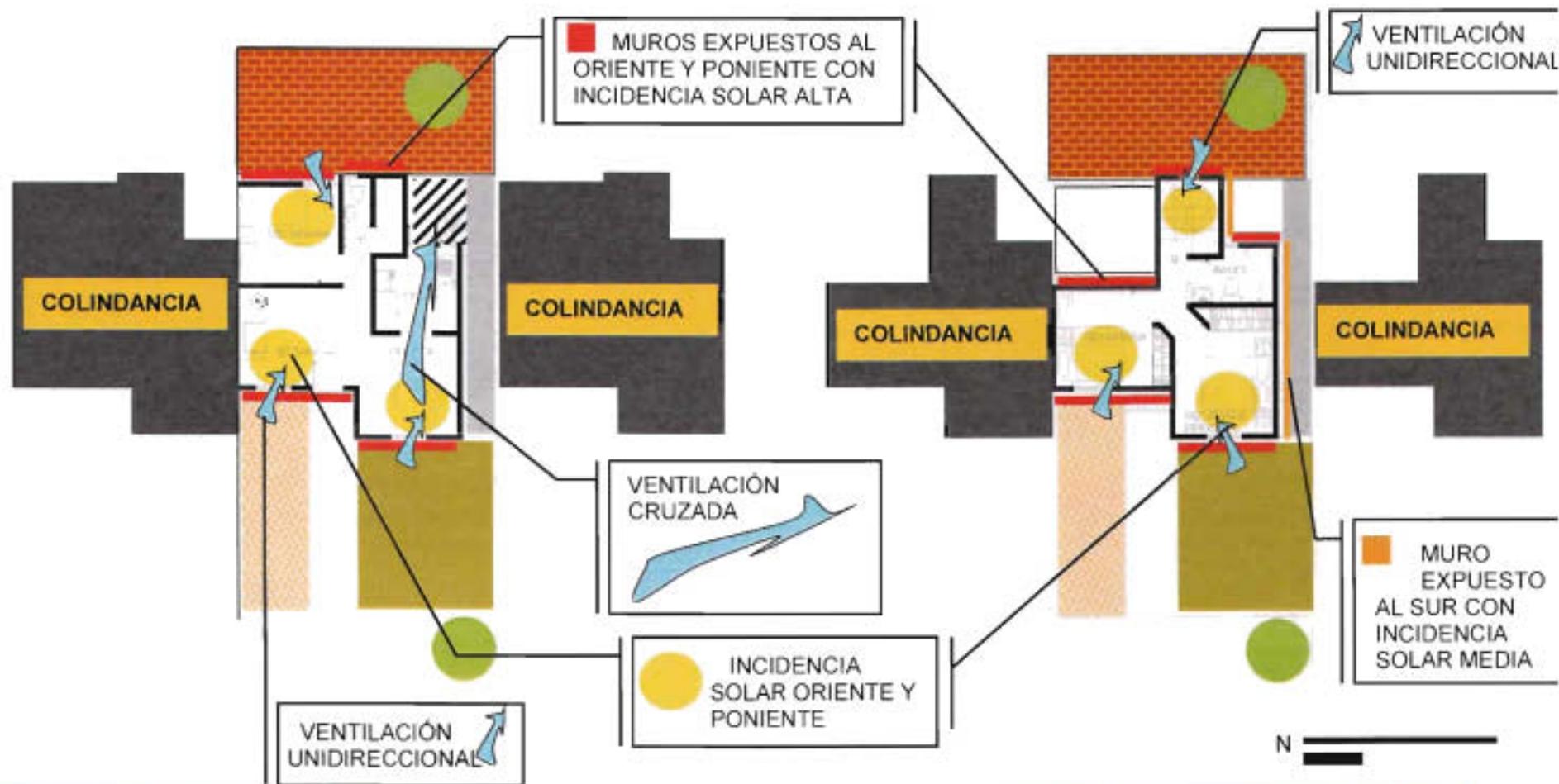


Imagen 75. Comparativo de comportamiento de temperatura y humedad relativa durante las 24 hrs. de un día, con relación a la temperatura exterior de dos espacios (sala en primer nivel y cubo de la escalera), en ambas casas.



ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE CASA FRIDA-SEBASTIÁN



ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE CASA MELISA

Conclusiones generales

Históricamente, el clima de Culiacán ha sido un factor determinante en el modo de vida de sus habitantes. En el campo de la arquitectura, los espacios se han diseñado siempre en la búsqueda de una mejor solución, adaptada a los cambios que dictan los elementos del clima, ya sea la temperatura, la humedad relativa, los vientos, etc.

En las últimas décadas, la inercia de la evolución tecnológica y toda la gama de posibilidades de climatización artificial que el mercado ofrece para mejorar las condiciones de un espacio cerrado, ha generado una verdadera transformación en el campo del diseño de la arquitectura, muy lejano a las necesidades físico-ambientales y emocionales de sus ocupantes.

Si bien los sistemas actuales de acondicionamiento de aire pueden generar condiciones de comodidad térmica en un espacio para los periodos climatológicos más críticos en la ciudad, también es cierto que esto se logra a un costo muy elevado: económico para el propietario, y ambiental para la ciudad y para su región, con repercusiones tangibles a nivel social.

Culiacán fue alguna vez una ciudad de puertas abiertas, de ciudadanos sentados en mecedoras en el portal saludando a los transeúntes que paseaban por las calles en las tardes; de grandes árboles en sus patios y en sus plazas, de vida social intensa y de paseos constantes a tantos parajes naturales que se tenían alrededor de la ciudad.

En contraste, Culiacán inicia el tercer milenio con los ciudadanos encerrados en espacios aclimatados (muchas de las veces más de lo necesario); con poca actividad en sus calles, sólo aquella que pueda efectuarse a bordo de los vehículos -generalmente también aclimatados y desconectados de la vida cotidiana de la ciudad; y con las condiciones climáticas cada vez más agresivas por los cambios climáticos originados por una escasa y mala urbanización.

La convivencia social se produce en espacios cerrados y las calles se han convertido en áreas exclusivas para los automóviles, mientras que el peatón ha tenido que reducir su uso para trasladarse de un lugar a otro, rodeado de un paisaje en el que predominan los cables, los anuncios espectaculares, el humo, el ruido y demás elementos que degradaron la bella

imagen urbana que alguna vez ofrecieron sus calles. Además, los bellos parajes naturales con que la ciudad contaba se han destruido o transformado y los que todavía subsisten están severamente contaminados y/o subutilizados.



Las alternativas de suministro de recursos energéticos para la ciudad de Culiacán, principalmente agua y luz, se han visto ya afectados y se han generado señales de ello al programarse "tandees" de suministro de agua potable y el alza a las tarifas

de energía eléctrica, que generó un descontento social en su población.

Lo cierto es que seguirá siendo necesario tomar medidas incluso más drásticas para orientar el ahorro energético, así como provocar la toma de conciencia en su población y ¿por qué no?, orientar hacia una arquitectura que pueda adaptarse a las condiciones climáticas de la ciudad; una arquitectura que ayude a sus ocupantes a revalorar las condiciones naturales del lugar y a aprovechar las fortalezas que aún se tienen: las mismas que hace más de 500 años convencieron a sus primeros pobladores de fundar una civilización en este sitio.

Conocer la historia de Culiacán, de su población y de su desarrollo urbano y social, nos da elementos para analizar su evolución y las causas precisas de los cambios que se han propiciado. Además, considero importante conocer el medio físico en el que la ciudad se desarrolló, tanto como el comportamiento de los elementos climáticos y cómo éstos repercuten en un espacio arquitectónico.

La forma de interpretar estos elementos climatológicos debe tener una lectura muy particular para saber cuál es su

reacción ante diversas propuestas tipológicas de diseño arquitectónico. Esta es una fase en la metodología del diseño que se ha descuidado -por lo que los resultados actuales muestran- y se ha dejado casi en el olvido.

Cuando se consultan los datos climatológicos, generalmente se analizan por resúmenes mensuales. Estos datos son muy generalizados y no muestran los cambios que se generan a cada momento en cada uno de los diferentes días del año. Es por ello que esta investigación sintetizó una lectura veraz del comportamiento horario de temperatura, humedad y vientos, para con ello tener una interpretación precisa de cómo se pueden comportar estas variables climatológicas en un espacio arquitectónico.

El método propuesto -que puede ser aplicado en cualquier otro lugar- enfatiza en la necesidad de obtener días tipo de cada mes para que sean los que se analicen como un comportamiento más probable en cada mes del año. Con ello pudimos dejar claro que el problema climático de la ciudad va más allá del simple calificativo de tener un clima caluroso, seco o semi-húmedo.

La investigación revela que el clima de la ciudad, analizado en general, es cálido semi-seco, pero que el periodo en el que se presenta la mayor dificultad climatológica (de julio a noviembre) es cálido húmedo, tomando en cuenta, además de la temperatura, los valores de humedad relativa y de precipitación pluvial que se presentan en estas fechas.

Es la alta humedad combinada con la alta temperatura, lo que genera las condiciones extremas de incomodidad en la ciudad durante esos meses, y se pueden considerar que las condiciones climáticas durante los otros meses son "soportables" para sus habitantes, con excepción de mayo y junio, meses que ya registran altas temperaturas y que todavía presentan poca humedad. Son únicamente estos dos meses los que en realidad sí presentan las condiciones típicas de un clima cálido semi-seco.

Es por ello que los patrones de diseño bioclimático recomendados en esta investigación, para la ciudad de Culiacán, se enfocan a las soluciones para los climas cálidos húmedos y no para los cálidos secos. Soluciones que son totalmente opuestas entre sí.

Para tener una mejor solución bioclimática en Culiacán, la arquitectura debe ser esbelta, abierta al contexto, pero siempre evitando la incidencia solar directa. Debe apoyarse en los efectos positivos de la vegetación y propiciar la constante renovación del aire interior de los espacios. Sus materiales deben contrarrestar la transmisión del calor a sus interiores, pero se debe cuidar no contenerlo. Por eso es básica la ventilación.

El análisis conceptual de las diversas aportaciones de la arquitectura habitacional en la ciudad de Culiacán, a través de su historia, nos ayuda a interpretar las necesidades físicas y de comodidad de su población y a reconsiderar los valores culturales y de arraigo a la vez que se definen las posibilidades de solución sin sacrificar cuestiones económicas, sociales y emocionales.

La vivienda prehispánica valoraba la riqueza del material regional y la generación de sombra en su contexto; la colonial desarrollaba el patio y consolida el uso del portal como elementos reguladores del clima, así como la cubierta térmica; los inicios del modernismo utilizan el jardín al exterior y modernizan el portal, mientras que la arquitectura funcionalista atiende con mayor énfasis la trayectoria del sol y

crea elementos importantes para su control como el parasol, y además induce a una mayor ventilación con sus sistemas estructurales ligeros y flexibles.

Todo este patrimonio arquitectónico se está perdiendo por la inercia consumista y capitalista de la mayor producción al menor costo, sin importar cualquiera de los detalles antes señalados. Pareciera que hoy no existe más una solución arquitectónica posible si no depende de altos insumos de climatización artificial.



Está demostrado que durante más de 500 años, estas tierras han sido habitadas con las condiciones climáticas que ya

conocemos y se han desarrollado a través de una buena convivencia con su entorno. La diferencia estriba en que cuando no se tenían los modernos y costosos sistemas de climatización se analizaba más el medio natural, se intuían los comportamientos climáticos y, por consiguiente, se valoraban los elementos naturales para poder aprovecharlos racionalmente.

Las propuestas de patrones de diseño bioclimático para la ciudad de Culiacán pretenden ser una aportación basada en lo analizado anteriormente, y una invitación a los arquitectos y urbanistas, y a todos aquellos individuos vinculados directamente con el desarrollo habitacional de la ciudad, así como a la sociedad en general, a contribuir cada uno con nuestra labor de reconocer nuestras necesidades básicas de una manera responsable, para pugnar así por la transformación de nuestro espacio urbano-arquitectónico.

Cada una de nuestras propuestas contribuirá a acercarnos a la posibilidad de hacer realidad un futuro esperanzador, necesario para toda ciudad del siglo XXI, que sin temor a exagerar será cuando se juegue el destino de este planeta.

Es por ello que se anexa un punto fundamental en los patrones de diseño bioclimático para Culiacán, en los que se plantea un paradigma arquitectónico -la arquitectura sustentable- que quizás podría parecer lejano todavía para nuestro contexto. No lo es.

Bibliografía

- Ayllón, Teresa, Elementos de meteorología y climatología, 1ª edición, Trillas, México, 1996.
- Bardou, Patrick y Varoujan Arzoumanian, Tecnología y arquitectura. Arquitectura de adobe, 2ª edición, Gustavo Gili, Barcelona, 1983.
- Beltrán de Quintana, Miguel, El Sol en la mano, 3ª edición, UNAM, México D.F., 1987.
- Benévolo, Leonardo, Diseño de la ciudad-4. El arte y la ciudad moderna del siglo XV al XVIII, México, D.F., Gustavo Gili, 1979.
- Cifuentes Lemus, Juan Luis y José Gaxiola López, Atlas de la Biodiversidad de Sinaloa, Colegio de Sinaloa, Culiacán, 2003.
- Cifuentes Lemus, Juan Luis y José Gaxiola López, Atlas de los ecosistemas de Sinaloa, Colegio de Sinaloa, Culiacán, 2003.
- Deffis Caso, Armando, Arquitectura ecológica tropical, 1ª edición, Concepto, México, 1989.
- _____. La casa ecológica autosuficiente. Para climas cálido y tropical, Concepto, México, D.F., 1989.
- Edwards, Brian y Paul Hyett, Rough Guide to Sustainability, Gustavo Gili, Barcelona, 2004.
- El palacio municipal, vicisitud y sino, La Crónica de Culiacán, 2ª edición, Culiacán, 2003.
- Estrada, Genaro, Obras Completas II, Siglo Veintiuno, Culiacán, 1988.
- Gobierno del Estado de Sinaloa/1. "Estado de Sinaloa. Monografía 1990", Gobierno del Estado de Sinaloa, México, 1990.
- González Cruz, Eduardo Manuel, Estudios de arquitectura bioclimática, México, D.F., Limusa, 2002.
- Izart, Jean Louis, Arquitectura bioclimática, Gustavo Gili, México, D.F. 1983.
- Karam Quiñones, Carlos y José Luis Beraud Lozano, Sinaloa y su ambiente: Visiones del presente y perspectivas, 1ª edición, Jilguero/Rizzoli, México, 1993.
- Lacomba, Ruth (compilador) Manual de Arquitectura Solar, 1ª edición, editorial trillas, México, 1991.
- López de Juambelz, Rocío, La vegetación en el diseño de los espacios exteriores, Facultad de Arquitectura/UNAM, México D.F., 2000.
- Llanes Gutiérrez, René A., Luis F. Molina, el arquitecto de Culiacán, 1ª edición, COBAES/LA Crónica de Culiacán, Culiacán, 2002.
- Márquez, Crispín, Antonio Nakayama, Román Beltrán Martínez et.al., Crónicas de Culiacán/1, Instituto de Investigaciones de Ciencias Y Humanidades de la UAS, Culiacán, 1981.
- Mascareño López, Gladis Beatriz, Comportamiento espacial en la estructura urbana de la ciudad de Culiacán en el periodo de 1970-1990, tesis para maestría, UNAM, México DF., 1996.

- Mazria, Edward, El libro de la energía solar pasiva, Gustavo Gili, Barcelona, 1983.
- Mendoza Anguiano, Ricardo, Germán Benítez, protagonista de la modernidad arquitectónica en Culiacán, UAS/Facultad de Arquitectura/La Crónica de Culiacán/Ayuntamiento de Culiacán, Culiacán, 2004.
- Morillón Gálvez, David, Bioclimática. Sistemas pasivos de climatización, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 1993.
- Morales Ramírez, José Diego, Estudio de techos de edificios construidos para operar en forma pasiva, tesis de doctorado, Facultad de Arquitectura/UNAM, México D.F., 1993.
- Nakayama, Antonio, Culiacán. UAS 2da edición, Culiacán, 1988.
- _____. Documentos inéditos e interesantes para la historia de Culiacán, UAS, Culiacán, 1981.
- Ochoa Vega, Alejandro, Modernidad arquitectónica en Sinaloa, UAS/Facultad de Arquitectura/UAM Xochimilco/Difocur/Ayuntamiento de Culiacán, México, D.F., 2004.
- Olgyay, Víctor, Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, Gustavo Gili, Barcelona, 1998.
- Ortega, Sergio y Edgardo López Mañón, (comps.), Sinaloa. Textos de su historia, Gobierno del Estado de Sinaloa/Difocur/Instituto de Investigaciones Dr. José Ma. Luis Mora, México D.F., 1987.
- Peraza Vizcarra, Ramón, Fundamentos para que la Comisión Federal de Electricidad aplique las tarifas domésticas de verano 1F para el estado de Sinaloa, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, 2002.
- Pilatowsky Figueroa, Isaac (responsable) Notas del curso de Actualización en Energía Solar, UNAM, Temixco Morelos, 1993.
- Plazola, Alfredo, Arquitectura habitacional, México DF., Limusa,
- Programa piloto de aislamiento térmico para la vivienda, Comisión Federal de Electricidad, memoria, Culiacán, Sinaloa.
- R. Olea, Héctor, Los asentamientos humanos en Sinaloa, 1ª edición, UAS, Culiacán, 1980.
- Rapoport, Amos, Vivienda y cultura, Gustavo Gili, Barcelona, 1972.
- Rodríguez García, Humberto y María de Lourdes Sandoval Martín, Viento, análisis de sitio, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F., 1995.
- Rodríguez Viqueira, Manuel (comp.) Estudios de arquitectura bioclimática, 1ª edición, Limusa, México, 2002.
- _____. Introducción a la arquitectura bioclimática, Limusa/Noriega, México, D.F., 2001.
- Rodríguez Torres, Juan Manuel y Juan Carlos Baltasar Cervantes, Diseño térmico y ahorro de energía eléctrica de edificios.

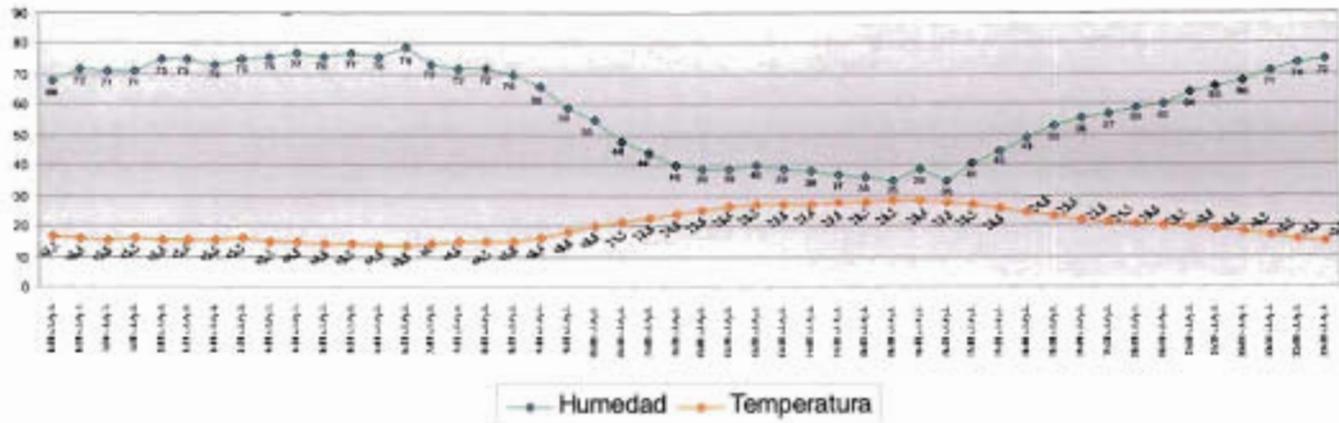
- Sandoval Bojórquez, Martín, Luis F. Molina y la arquitectura porfirista en la ciudad de Culiacán, Difocur/La Crónica de Culiacán/Ayuntamiento de Culiacán, Culiacán, 2002.
 - Schjetnan, Mario, Jorge Calvillo y Manuel Peniche, Principios de diseño urbano ambiental, Árbol editorial, México D.F., 1997.
 - Serra, Rafael, Arquitectura y climas, Gustavo Gili, Barcelona, 1999.
 - Tostado Alarcón, Laura A. Crónicas de Culiacán/1, UAS, Culiacán.
 - Tudela, Fernando, Ecodiseño, Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F., 1982.
 - Van Legen, Johan, Manual del arquitecto descalzo, Editorial Árbol, México, 1997.
 - Verdugo Fálquez, Francisco, Las viejas calles de Culiacán, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, 1981.
 - Yassi, Annalee et. al., Salud ambiental básica, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México, 2002.
-
- Conoce Culiacán, Historia, Esbozo Histórico
<http://www.culiacán.gob.mx>, consulta: 19 de noviembre de 2004
 - Conoce Culiacán, Geografía, clima, hidrografía, flora y fauna, Geografía, <http://www.culiacán.gob.mx>, Consulta: 19 de noviembre de 2004.

ANEXO 3

HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VIENTOS EN LOS DÍA TIPO DE CADA MES

ENERO

10 ENERO DE 1998

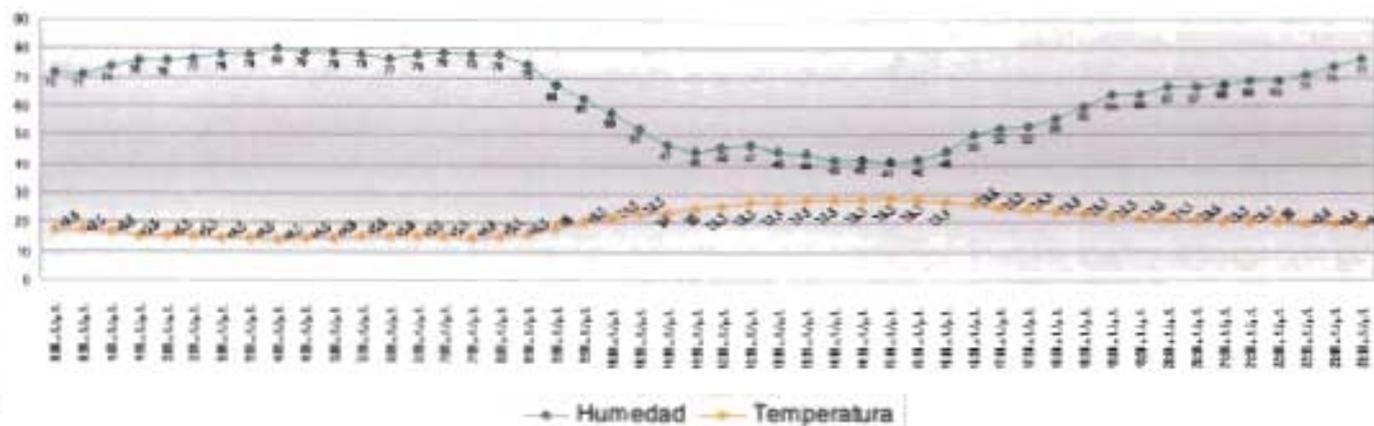


ANEXO 4

HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VIENTOS EN LOS DÍA TIPO DE CADA MES

FEBRERO

7 DE FEBRERO DE 1997

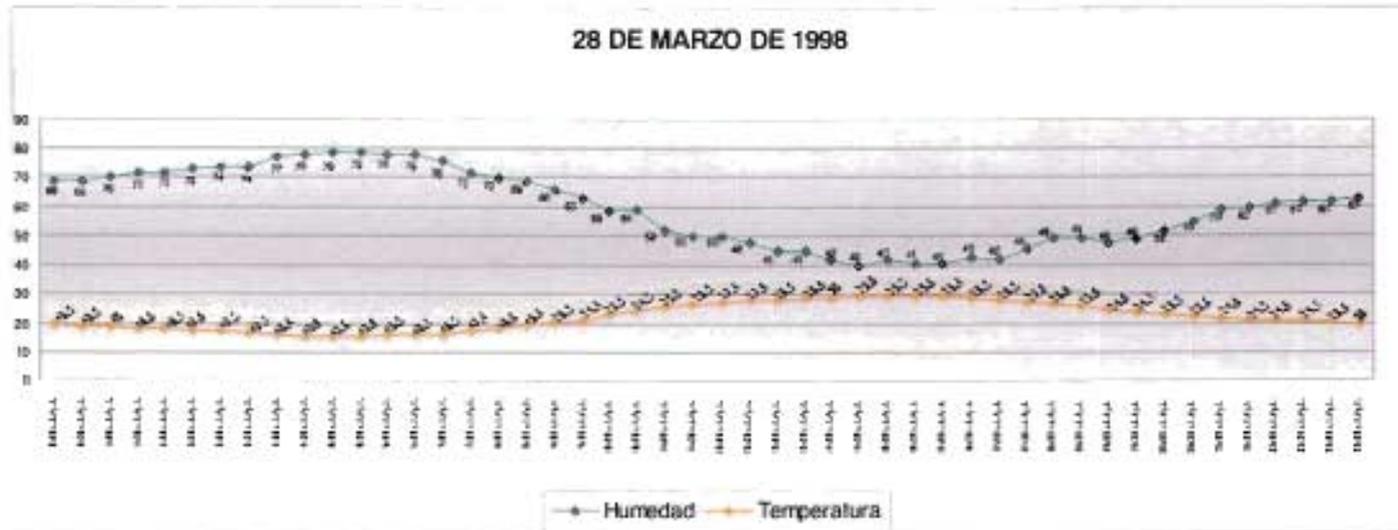


ANEXO 5

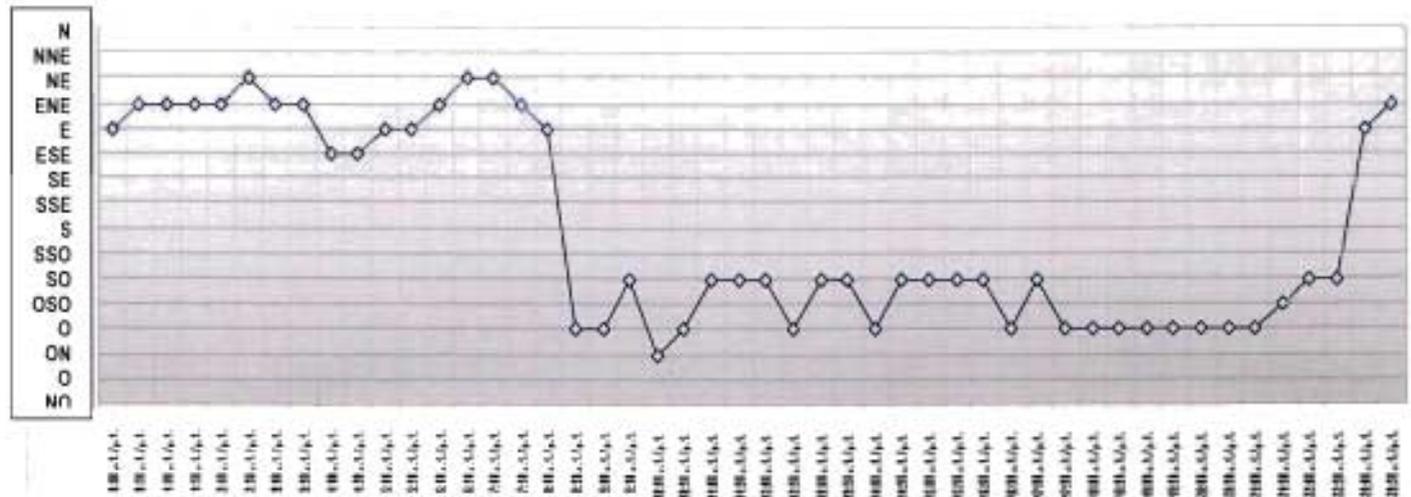
HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VIENTOS EN LOS DÍA TIPO DE CADA MES

MARZO

28 DE MARZO DE 1998



MARZO DIRECCION DE LOS VIENTOS

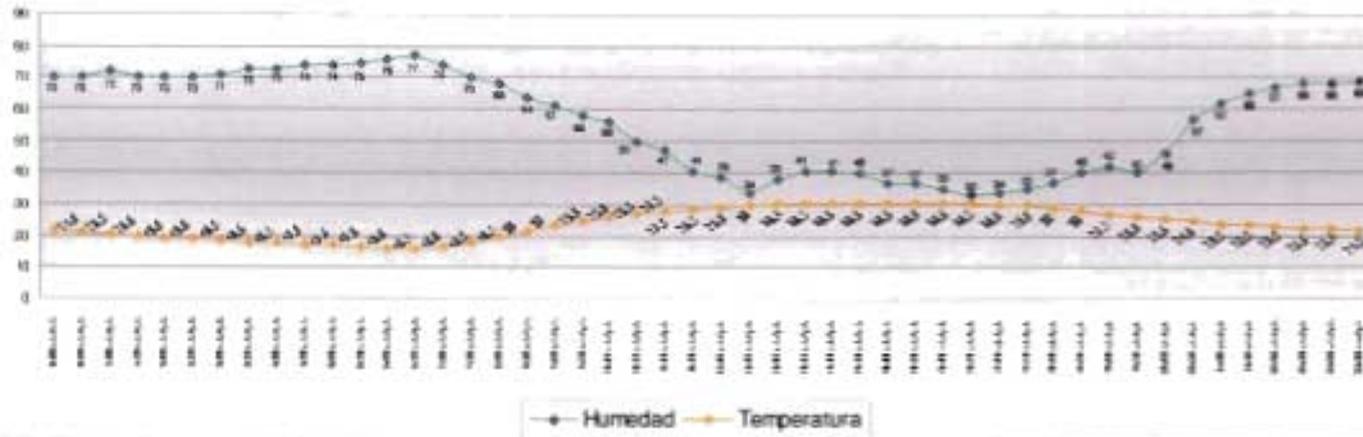


ANEXO 6

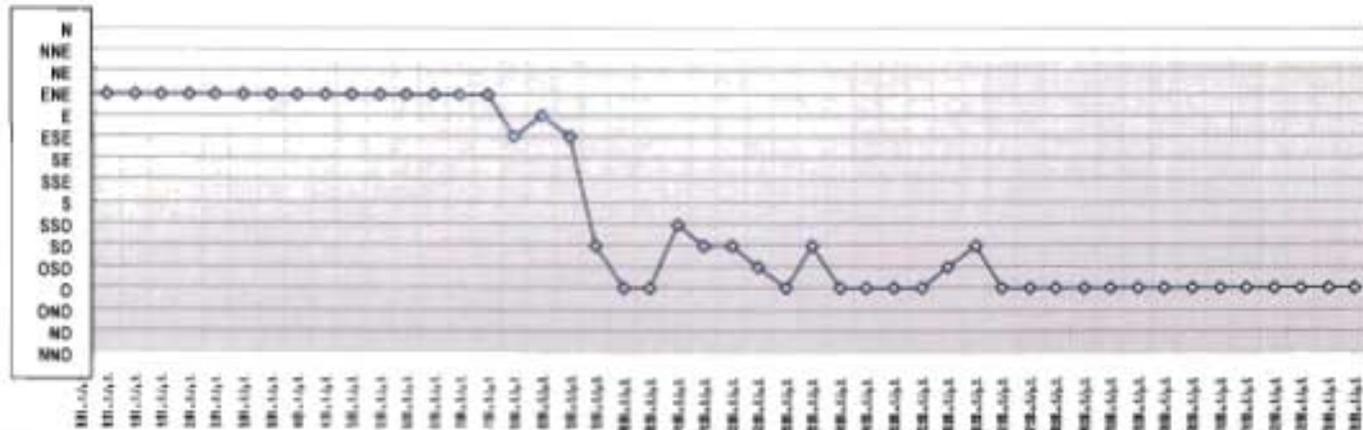
HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VIENTOS EN LOS DÍA TIPO DE CADA MES

ABRIL

30 DE ABRIL DE 1998



ABRIL DIRECCION DE LOS VIENTOS

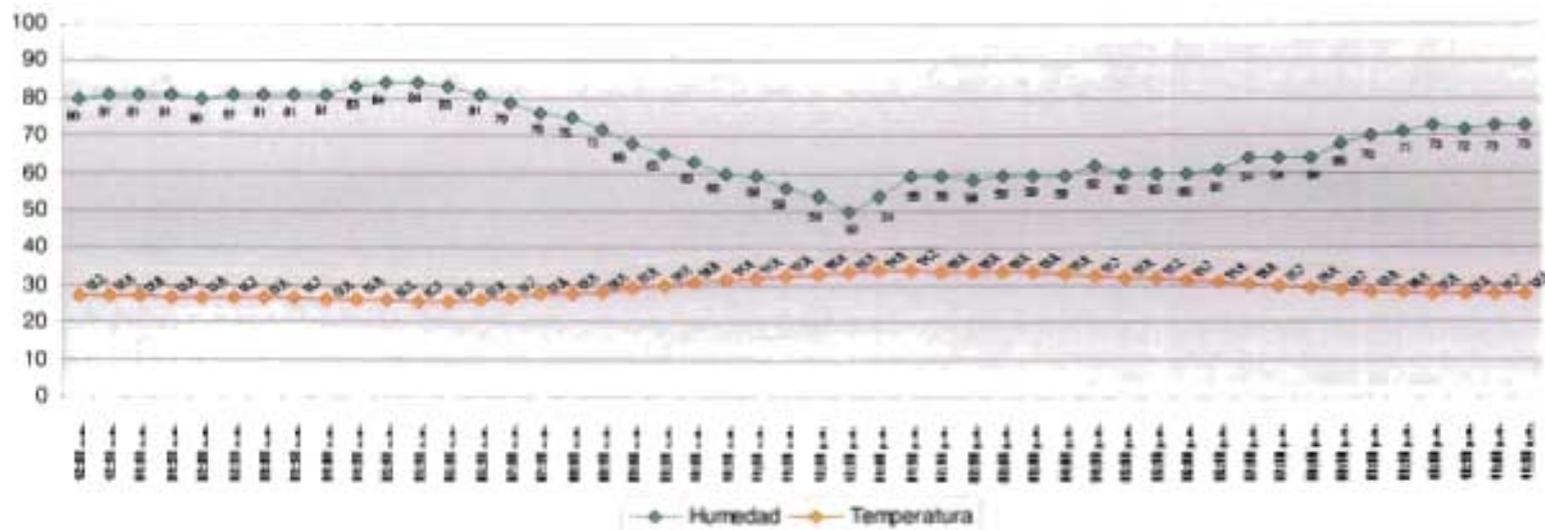


ANEXO 8

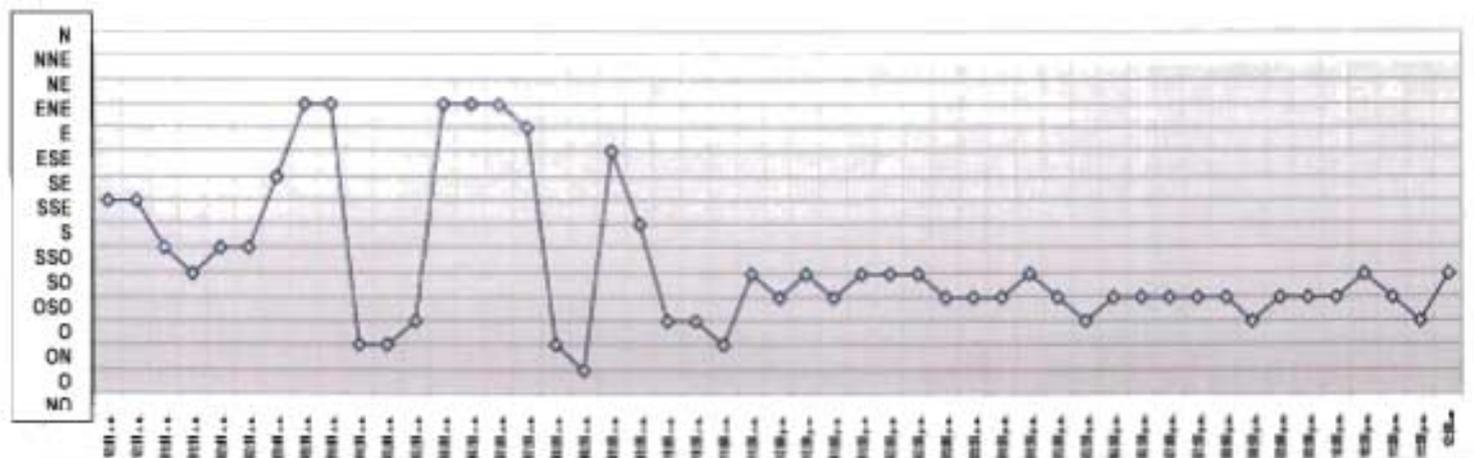
HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VIENTOS EN LOS DÍA TIPO DE CADA MES

JUNIO

17 DE JUNIO DE 1997



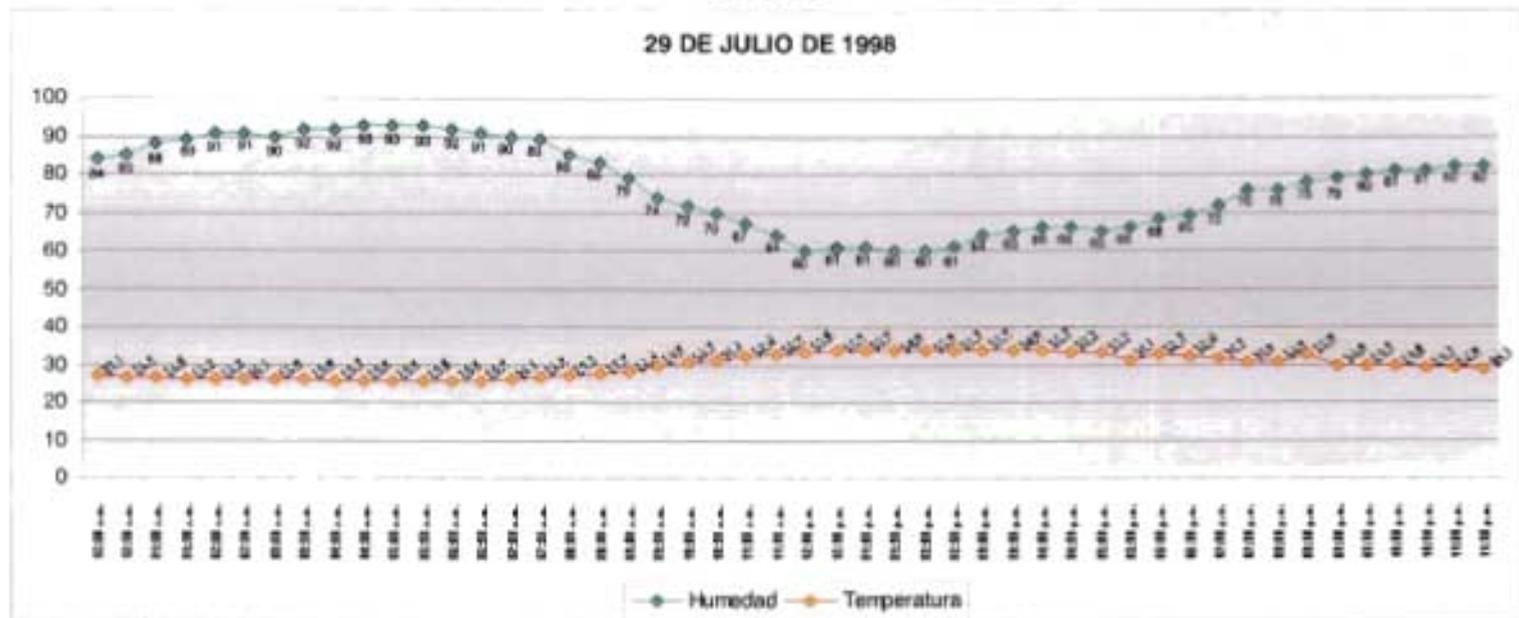
JUNIO DIRECCION DEL VIENTO



ANEXO 9

HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VIENTOS EN LOS DÍA TIPO DE CADA MES

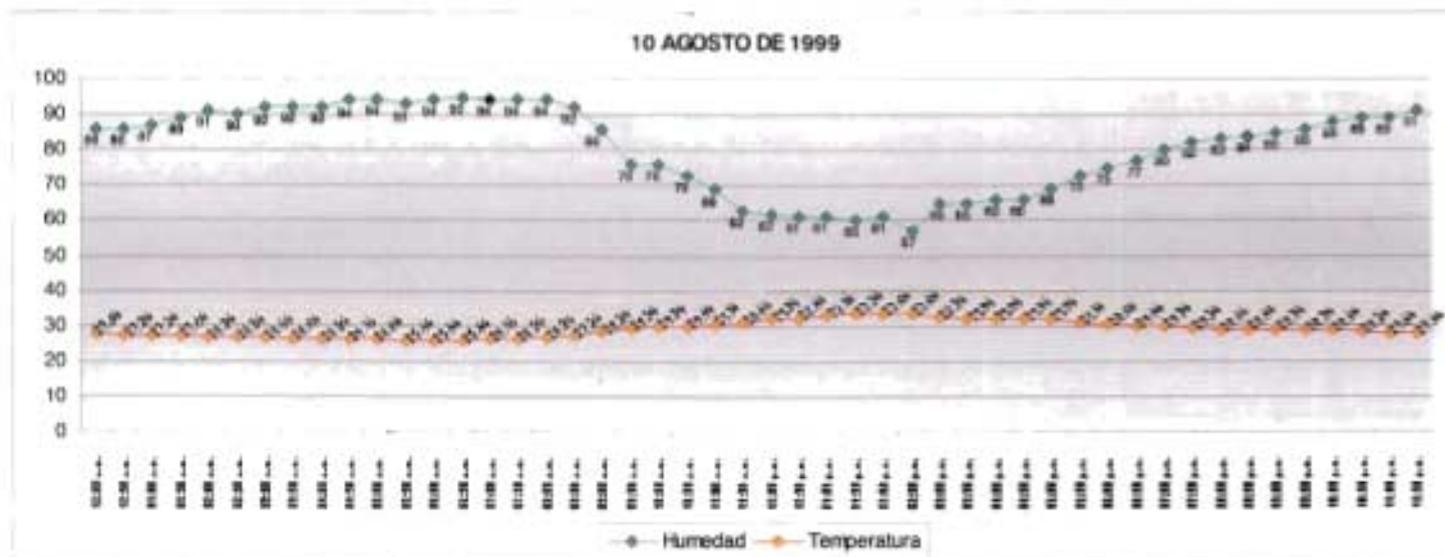
JULIO



ANEXO 10

HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VIENTOS EN LOS DÍA TIPO DE CADA MES

AGOSTO

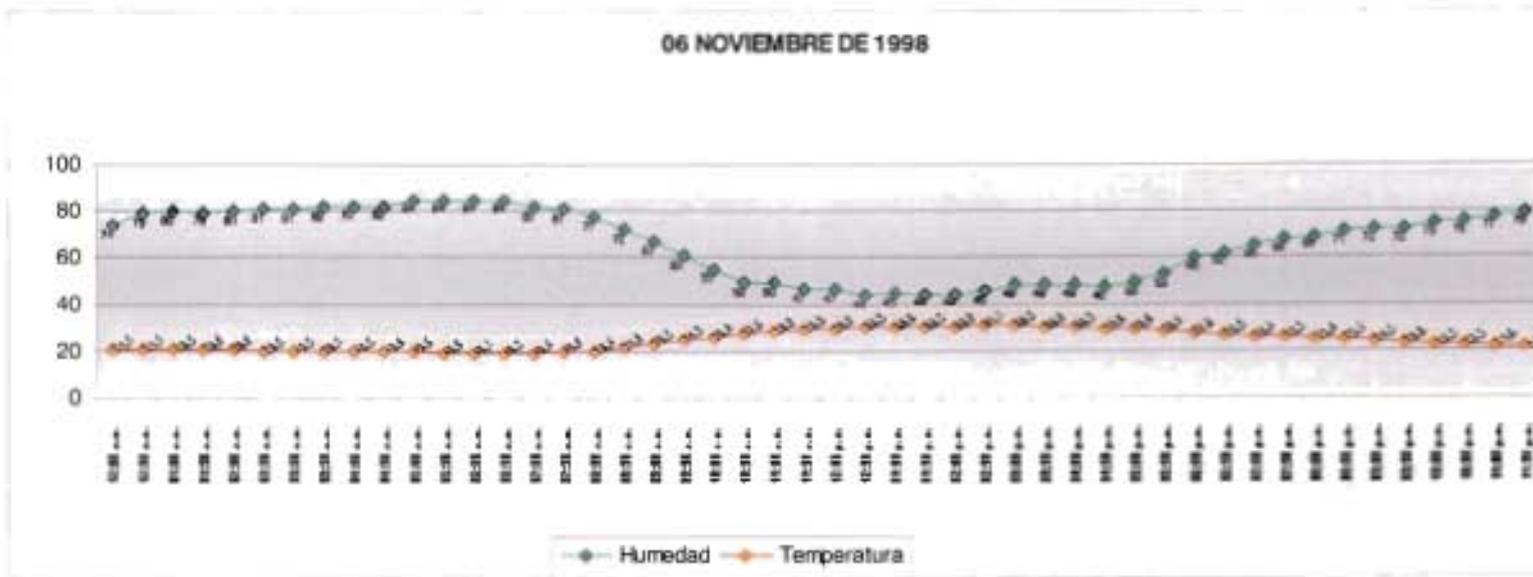


ANEXO 13

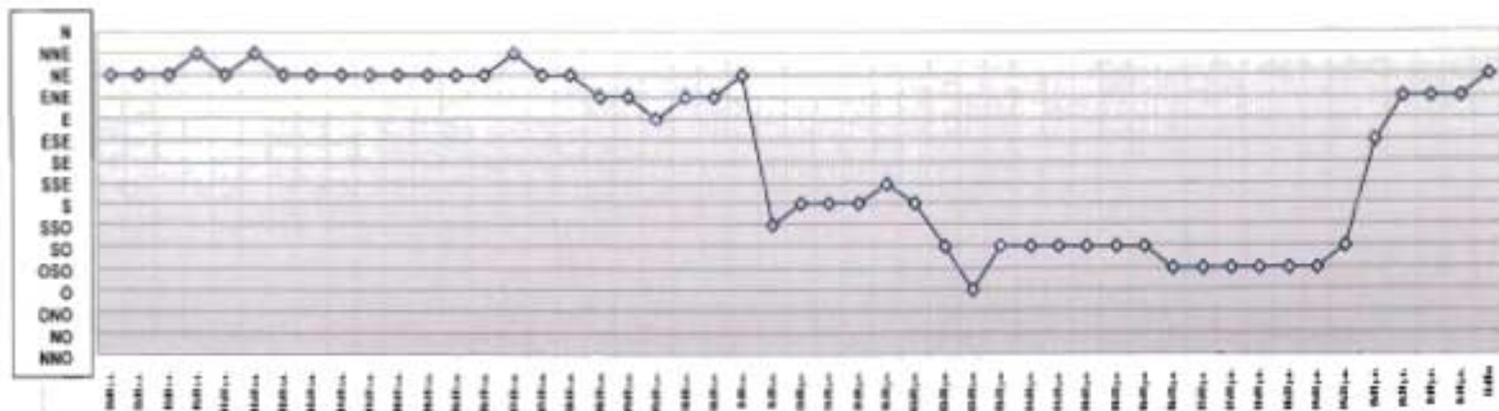
HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VIENTOS EN LOS DÍA TIPO DE CADA MES

NOVIEMBRE

06 NOVIEMBRE DE 1998



NOVIEMBRE DIRECCION DEL VIENTO

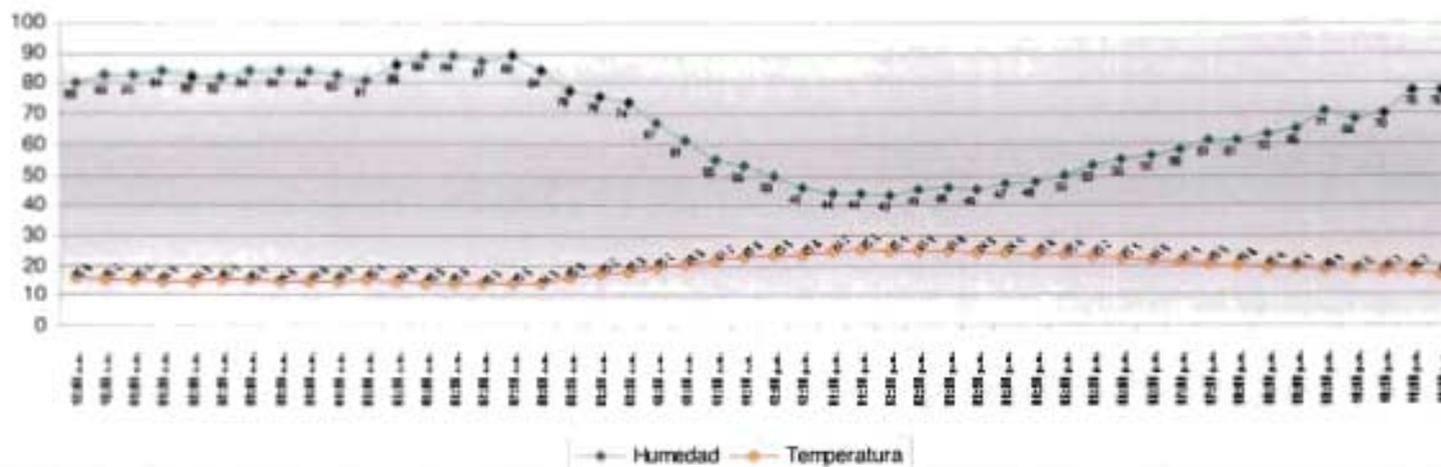


ANEXO 14

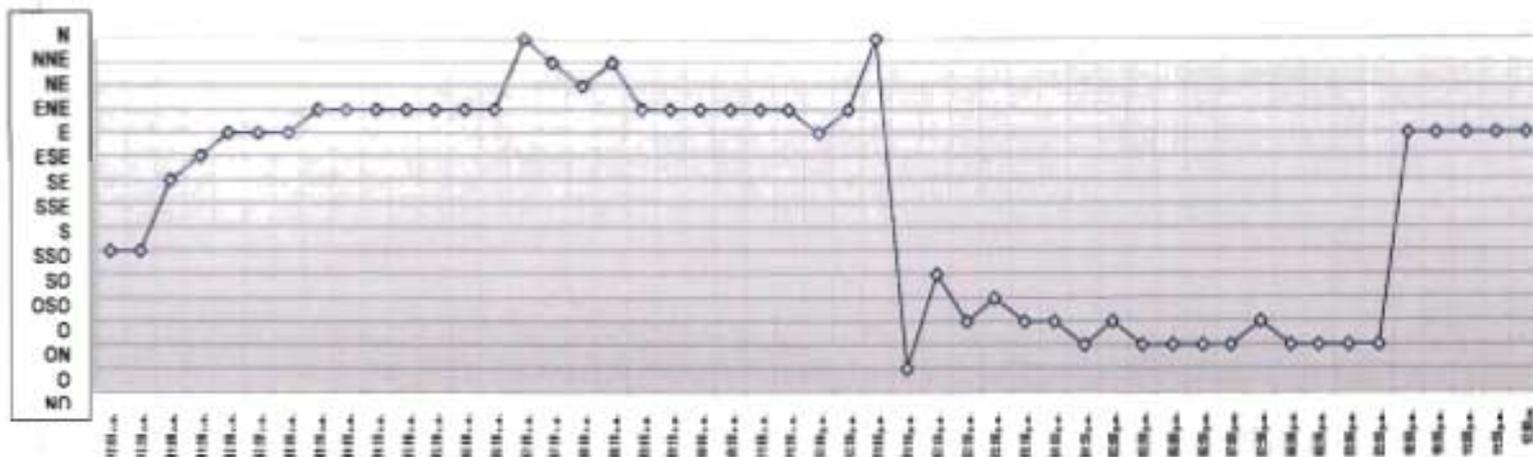
HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y VIENTOS EN LOS DÍA TIPO DE CADA MES

DICIEMBRE

25 DICIEMBRE DE 1997



DICIEMBRE DIRECCION DE LOS VIENTOS



ANEXO 15

| TEMPERATURA MEDIA DE TODO EL PERIODO | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| 1971 | 18.40 | 18.70 | 21.70 | 23.50 | 26.60 | 29.30 | 29.50 | 28.60 | 28.70 | 26.30 | 23.30 | 18.90 |
| 1972 | 17.90 | 20.00 | 23.50 | 25.70 | 28.00 | 29.40 | 29.90 | 28.30 | 28.40 | 26.80 | 21.60 | 19.70 |
| 1974 | 21.80 | 21.30 | 21.30 | 25.10 | 25.50 | 29.50 | 28.40 | 29.00 | 28.40 | 27.40 | 23.00 | 18.90 |
| 1975 | 19.00 | 18.90 | 21.20 | 22.20 | 25.20 | 28.30 | 28.50 | 27.80 | 28.30 | 25.70 | 23.10 | 19.70 |
| 1976 | 19.70 | 21.40 | 21.30 | 23.30 | 25.60 | 29.00 | 28.40 | 28.90 | 28.00 | 26.40 | 22.60 | 21.10 |
| 1978 | 23.40 | 22.60 | 26.00 | 27.80 | 29.90 | 32.80 | 32.40 | 31.60 | 29.90 | 29.40 | 26.80 | 22.70 |
| 1982 | 22.80 | 23.80 | 25.40 | 28.10 | 29.50 | 31.90 | 32.40 | 31.40 | 30.80 | 27.10 | 18.20 | 18.20 |
| 1983 | 19.60 | 18.20 | 19.80 | 21.00 | 26.20 | 29.00 | 28.80 | 28.60 | 29.00 | 27.40 | 21.90 | 19.00 |
| 1985 | 16.50 | 18.50 | 21.50 | 23.20 | 26.10 | 28.70 | 28.70 | 29.10 | 28.70 | 27.20 | 22.50 | 17.90 |
| 1986 | 18.50 | 20.10 | 22.30 | 25.20 | 26.70 | 28.90 | 29.30 | 28.80 | 29.50 | 26.10 | 22.10 | 19.70 |
| 1987 | 17.60 | 20.00 | 22.20 | 25.10 | 27.50 | 31.10 | 32.40 | 30.20 | 30.80 | 29.10 | 24.10 | 19.60 |
| 1988 | 17.80 | 21.80 | 22.60 | 23.80 | 26.40 | 29.70 | 30.00 | 30.00 | 29.30 | 28.70 | 23.90 | 18.90 |
| 1989 | 17.30 | 21.20 | 23.50 | 27.00 | 28.50 | 30.40 | 31.60 | 29.60 | 30.40 | 29.70 | 24.10 | 20.50 |
| 1990 | 20.10 | 19.90 | 22.90 | 26.20 | 29.40 | 32.40 | 30.10 | 31.10 | 29.80 | 28.90 | 25.30 | 21.30 |
| 1991 | 20.10 | 22.10 | 22.90 | 26.00 | 27.30 | 30.40 | 30.00 | 30.60 | 29.60 | 29.00 | 24.40 | 21.10 |
| 1992 | 20.10 | 21.50 | 23.50 | 26.20 | 29.10 | 31.70 | 30.00 | 30.10 | 30.40 | 29.80 | 24.70 | 21.80 |
| 1993 | 21.70 | 21.50 | 23.60 | 25.90 | 27.80 | 31.50 | 31.50 | 31.00 | 29.60 | 29.40 | 25.10 | 23.20 |
| Promedio | 19.55 | 20.68 | 22.66 | 25.02 | 27.37 | 30.24 | 30.11 | 29.69 | 29.39 | 27.91 | 23.34 | 20.12941 |

TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA DE TODO EL PERIODO

| | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 35.60 | 35.50 | 37.70 | 39.00 | 40.30 | 43.00 | 43.00 | 43.00 | 40.00 | 39.00 | 38.00 | 36.00 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

TEMPERATURA MINIMA EXTREMA DE TODO EL PERIODO

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 1.00 | 0.60 | 4.50 | 7.20 | 7.20 | 15.70 | 15.70 | 17.50 | 16.00 | 12.50 | 2.50 | 2.00 |
|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|

ANEXO 16

| PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| 1971 | 68.00 | 66.00 | 59.00 | 54.00 | 59.00 | 54.00 | 60.00 | 66.00 | 70.00 | 72.00 | 72.00 | 71 |
| 1972 | 75.00 | 69.00 | 63.00 | 57.00 | 57.00 | 58.00 | 54.00 | 58.00 | 65.00 | 72.00 | 84.00 | 84 |
| 1974 | 50.00 | 50.00 | 63.00 | 49.00 | 59.00 | 65.00 | 72.00 | 73.00 | 77.00 | 68.00 | 68.00 | 69 |
| 1975 | 68.00 | 70.00 | 58.00 | 49.00 | 50.00 | 60.00 | 71.00 | 79.00 | 75.00 | 65.00 | 63.00 | 63 |
| 1976 | 62.00 | 57.00 | 55.00 | 57.00 | 52.00 | 61.00 | 65.00 | 67.00 | 67.00 | 61.00 | 64.00 | 64 |
| 1978 | 47.00 | 43.00 | 44.00 | 38.00 | 47.00 | 49.00 | 58.00 | 64.00 | 70.00 | 64.00 | 54.00 | 58 |
| 1982 | 22.80 | 23.80 | 25.40 | 28.10 | 29.50 | 31.90 | 32.40 | 31.40 | 30.80 | 27.10 | 18.20 | 18.2 |
| 1983 | 78.00 | 80.00 | 76.00 | 77.00 | 75.00 | 80.00 | 79.00 | 86.00 | 86.00 | 84.00 | 86.00 | 84 |
| 1985 | 85.00 | 77.00 | 71.00 | 72.00 | 69.00 | 69.00 | 69.00 | 77.00 | 76.00 | 77.00 | 76.00 | 80 |
| 1986 | 80.00 | 75.00 | 70.00 | 71.00 | 69.00 | 67.00 | 74.00 | 78.00 | 74.00 | 80.00 | 72.00 | 75 |
| 1987 | 69.00 | 63.00 | 57.00 | 55.00 | 57.00 | 52.00 | 58.00 | 74.00 | 72.00 | 70.00 | 64.00 | 74 |
| 1988 | 72.00 | 62.00 | 57.00 | 64.00 | 66.00 | 68.00 | 74.00 | 77.00 | 80.00 | 69.00 | 66.00 | 75 |
| 1989 | 78.00 | 78.00 | 82.00 | 59.00 | 57.00 | 56.00 | 64.00 | 77.00 | 65.00 | 57.00 | 63.00 | 69 |
| 1990 | 65.00 | 69.00 | 63.00 | 62.00 | 59.00 | 62.00 | 74.00 | 72.00 | 75.00 | 73.00 | 68.00 | 72 |
| 1991 | 20.10 | 22.10 | 22.90 | 26.00 | 27.30 | 30.40 | 30.00 | 30.60 | 29.60 | 29.00 | 24.40 | 21.1 |
| 1992 | 20.10 | 21.50 | 23.50 | 26.20 | 29.10 | 31.70 | 30.00 | 30.10 | 30.40 | 29.80 | 24.70 | 21.8 |
| 1993 | 21.70 | 21.50 | 23.60 | 25.90 | 27.80 | 31.50 | 31.50 | 31.00 | 29.60 | 29.40 | 25.10 | 23.2 |
| | 70.75 | 67.91 | 64.88 | 60.93 | 61.96 | 64.07 | 69.57 | 75.34 | 75.60 | 72.24 | 70.63 | 73.553846 |

ANEXO 19

| horas- | | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 11/01/1998 | HR | 59.3 | 58.7 | 58.4 | 58.4 | 58.5 | 58.8 | 59.3 | 59.8 | 60.3 | 60.8 | 61.3 | 61.8 | 62.3 | 62.8 | 63.3 | 63.8 | 64.3 | 64.8 | 65.3 | 65.8 | 66.3 | 66.8 | 67.3 | 67.8 | 68.3 |
| | TEMP | 12.1 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.1 | 12.1 | 12.2 | 12.2 | 12.3 | 12.3 | 12.4 | 12.4 | 12.5 | 12.5 | 12.6 | 12.6 | 12.7 | 12.7 | 12.8 | 12.8 | 12.9 | 12.9 | 13.0 | 13.0 |
| 07/02/1997 | HR | 59.7 | 59.1 | 58.8 | 58.5 | 58.2 | 57.9 | 57.6 | 57.3 | 57.0 | 56.7 | 56.4 | 56.1 | 55.8 | 55.5 | 55.2 | 54.9 | 54.6 | 54.3 | 54.0 | 53.7 | 53.4 | 53.1 | 52.8 | 52.5 | 52.2 |
| | TEMP | 12.9 | 12.8 | 12.7 | 12.6 | 12.5 | 12.4 | 12.3 | 12.2 | 12.1 | 12.0 | 11.9 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.2 | 11.1 | 11.0 | 10.9 | 10.8 | 10.7 | 10.6 | 10.5 |
| 28/03/1998 | HR | 60.2 | 60.7 | 61.2 | 61.7 | 62.2 | 62.7 | 63.2 | 63.7 | 64.2 | 64.7 | 65.2 | 65.7 | 66.2 | 66.7 | 67.2 | 67.7 | 68.2 | 68.7 | 69.2 | 69.7 | 70.2 | 70.7 | 71.2 | 71.7 | 72.2 |
| | TEMP | 13.5 | 13.7 | 13.9 | 14.1 | 14.3 | 14.5 | 14.7 | 14.9 | 15.1 | 15.3 | 15.5 | 15.7 | 15.9 | 16.1 | 16.3 | 16.5 | 16.7 | 16.9 | 17.1 | 17.3 | 17.5 | 17.7 | 17.9 | 18.1 | 18.3 |
| 30/04/1998 | HR | 70.8 | 70.9 | 71.0 | 71.1 | 71.2 | 71.3 | 71.4 | 71.5 | 71.6 | 71.7 | 71.8 | 71.9 | 72.0 | 72.1 | 72.2 | 72.3 | 72.4 | 72.5 | 72.6 | 72.7 | 72.8 | 72.9 | 73.0 | 73.1 | 73.2 |
| | TEMP | 15.1 | 15.2 | 15.3 | 15.4 | 15.5 | 15.6 | 15.7 | 15.8 | 15.9 | 16.0 | 16.1 | 16.2 | 16.3 | 16.4 | 16.5 | 16.6 | 16.7 | 16.8 | 16.9 | 17.0 | 17.1 | 17.2 | 17.3 | 17.4 | 17.5 |
| 09/05/1997 | HR | 60.8 | 60.9 | 61.0 | 61.1 | 61.2 | 61.3 | 61.4 | 61.5 | 61.6 | 61.7 | 61.8 | 61.9 | 62.0 | 62.1 | 62.2 | 62.3 | 62.4 | 62.5 | 62.6 | 62.7 | 62.8 | 62.9 | 63.0 | 63.1 | 63.2 |
| | TEMP | 14.1 | 14.2 | 14.3 | 14.4 | 14.5 | 14.6 | 14.7 | 14.8 | 14.9 | 15.0 | 15.1 | 15.2 | 15.3 | 15.4 | 15.5 | 15.6 | 15.7 | 15.8 | 15.9 | 16.0 | 16.1 | 16.2 | 16.3 | 16.4 | 16.5 |
| 17/06/1997 | HR | 60.2 | 61.1 | 62.0 | 62.9 | 63.8 | 64.7 | 65.6 | 66.5 | 67.4 | 68.3 | 69.2 | 70.1 | 71.0 | 71.9 | 72.8 | 73.7 | 74.6 | 75.5 | 76.4 | 77.3 | 78.2 | 79.1 | 80.0 | 80.9 | 81.8 |
| | TEMP | 12.1 | 12.2 | 12.3 | 12.4 | 12.5 | 12.6 | 12.7 | 12.8 | 12.9 | 13.0 | 13.1 | 13.2 | 13.3 | 13.4 | 13.5 | 13.6 | 13.7 | 13.8 | 13.9 | 14.0 | 14.1 | 14.2 | 14.3 | 14.4 | 14.5 |
| 29/07/1998 | HR | 58.8 | 59.7 | 60.6 | 61.5 | 62.4 | 63.3 | 64.2 | 65.1 | 66.0 | 66.9 | 67.8 | 68.7 | 69.6 | 70.5 | 71.4 | 72.3 | 73.2 | 74.1 | 75.0 | 75.9 | 76.8 | 77.7 | 78.6 | 79.5 | 80.4 |
| | TEMP | 11.1 | 11.2 | 11.3 | 11.4 | 11.5 | 11.6 | 11.7 | 11.8 | 11.9 | 12.0 | 12.1 | 12.2 | 12.3 | 12.4 | 12.5 | 12.6 | 12.7 | 12.8 | 12.9 | 13.0 | 13.1 | 13.2 | 13.3 | 13.4 | 13.5 |
| 10/08/1998 | HR | 60.8 | 60.9 | 61.0 | 61.1 | 61.2 | 61.3 | 61.4 | 61.5 | 61.6 | 61.7 | 61.8 | 61.9 | 62.0 | 62.1 | 62.2 | 62.3 | 62.4 | 62.5 | 62.6 | 62.7 | 62.8 | 62.9 | 63.0 | 63.1 | 63.2 |
| | TEMP | 12.1 | 12.2 | 12.3 | 12.4 | 12.5 | 12.6 | 12.7 | 12.8 | 12.9 | 13.0 | 13.1 | 13.2 | 13.3 | 13.4 | 13.5 | 13.6 | 13.7 | 13.8 | 13.9 | 14.0 | 14.1 | 14.2 | 14.3 | 14.4 | 14.5 |
| 21/09/1998 | HR | 60.8 | 60.9 | 61.0 | 61.1 | 61.2 | 61.3 | 61.4 | 61.5 | 61.6 | 61.7 | 61.8 | 61.9 | 62.0 | 62.1 | 62.2 | 62.3 | 62.4 | 62.5 | 62.6 | 62.7 | 62.8 | 62.9 | 63.0 | 63.1 | 63.2 |
| | TEMP | 12.1 | 12.2 | 12.3 | 12.4 | 12.5 | 12.6 | 12.7 | 12.8 | 12.9 | 13.0 | 13.1 | 13.2 | 13.3 | 13.4 | 13.5 | 13.6 | 13.7 | 13.8 | 13.9 | 14.0 | 14.1 | 14.2 | 14.3 | 14.4 | 14.5 |
| 23/10/2001 | HR | 60.2 | 60.3 | 60.4 | 60.5 | 60.6 | 60.7 | 60.8 | 60.9 | 61.0 | 61.1 | 61.2 | 61.3 | 61.4 | 61.5 | 61.6 | 61.7 | 61.8 | 61.9 | 62.0 | 62.1 | 62.2 | 62.3 | 62.4 | 62.5 | 62.6 |
| | TEMP | 12.1 | 12.2 | 12.3 | 12.4 | 12.5 | 12.6 | 12.7 | 12.8 | 12.9 | 13.0 | 13.1 | 13.2 | 13.3 | 13.4 | 13.5 | 13.6 | 13.7 | 13.8 | 13.9 | 14.0 | 14.1 | 14.2 | 14.3 | 14.4 | 14.5 |
| 06/11/1998 | HR | 58.8 | 59.7 | 60.6 | 61.5 | 62.4 | 63.3 | 64.2 | 65.1 | 66.0 | 66.9 | 67.8 | 68.7 | 69.6 | 70.5 | 71.4 | 72.3 | 73.2 | 74.1 | 75.0 | 75.9 | 76.8 | 77.7 | 78.6 | 79.5 | 80.4 |
| | TEMP | 11.1 | 11.2 | 11.3 | 11.4 | 11.5 | 11.6 | 11.7 | 11.8 | 11.9 | 12.0 | 12.1 | 12.2 | 12.3 | 12.4 | 12.5 | 12.6 | 12.7 | 12.8 | 12.9 | 13.0 | 13.1 | 13.2 | 13.3 | 13.4 | 13.5 |
| 25/12/1997 | HR | 60.1 | 60.2 | 60.3 | 60.4 | 60.5 | 60.6 | 60.7 | 60.8 | 60.9 | 61.0 | 61.1 | 61.2 | 61.3 | 61.4 | 61.5 | 61.6 | 61.7 | 61.8 | 61.9 | 62.0 | 62.1 | 62.2 | 62.3 | 62.4 | 62.5 |
| | TEMP | 11.1 | 11.2 | 11.3 | 11.4 | 11.5 | 11.6 | 11.7 | 11.8 | 11.9 | 12.0 | 12.1 | 12.2 | 12.3 | 12.4 | 12.5 | 12.6 | 12.7 | 12.8 | 12.9 | 13.0 | 13.1 | 13.2 | 13.3 | 13.4 | 13.5 |

humedad relativa y temperatura dentro del rango de comodidad térmica

elevar temperatura y reducir humedad

reducir la temperatura

reducir humedad relativa y temperatura

elevar temperatura

reducir humedad relativa

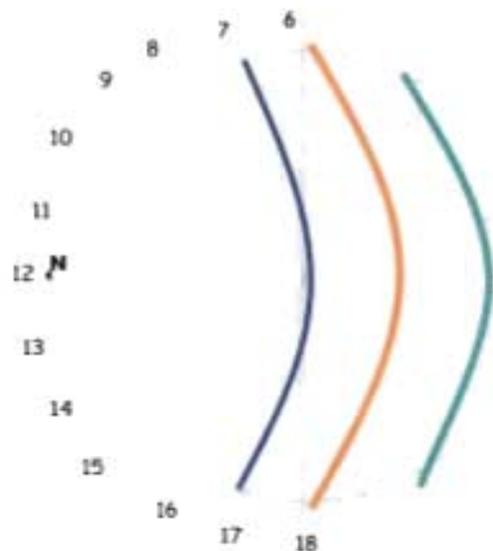
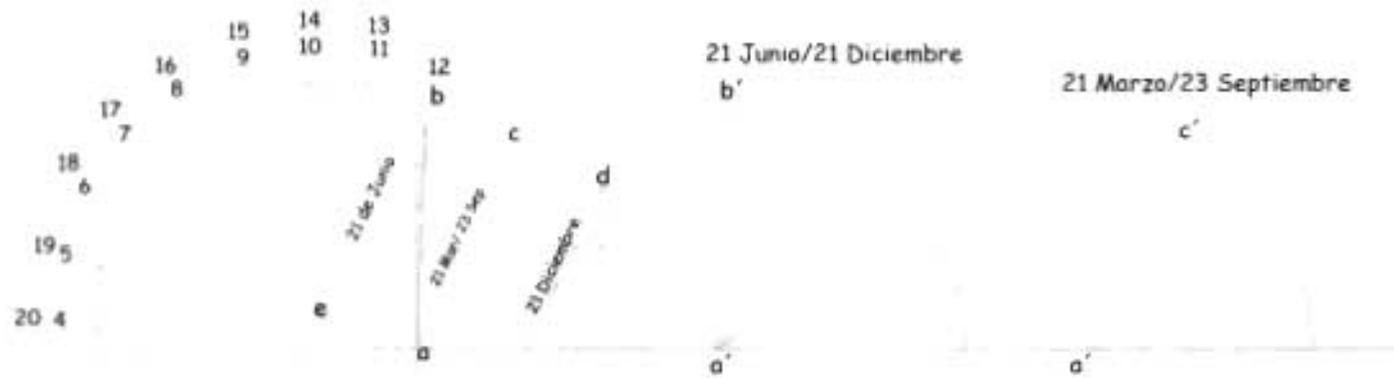
ANEXO 20

| VIENTOS DOMINANTES Y SU VELOCIDAD (m/seg) | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| 1971 | WSW 1,6 | SW 1,7 | SW 2,3 | SW 2,3 | WSW 2,2 | SW 2,6 | SW 2,3 | SW 2,3 | SW 1,8 | SW 2 | WSW 2,1 | WSW 1,7 |
| 1972 | WSW 1,4 | SW 1,5 | SW 1,5 | WSW 1,6 | WSW 2,6 | SW 2,1 | NE 1,3 | SW 2 | WSW 2 | WSW 2 | WSW 1,6 | WSW 1,6 |
| 1973 | WSW 2,1 | W 1,8 | W 2,5 | W 2,8 | SW 2,1 | S 2,4 | SW 2,4 | W 2,3 | W 2,2 | SW 2,6 | SW 2,4 | NE 2,4 |
| 1974 | SW 3 | SW 3,1 | SW 3 | SW 2,7 | SW 3,1 | S 2,4 | NE 1,4 | NE 2 | NE 1,4 | N 1,4 | NE 1,7 | NE 1,4 |
| 1975 | NE 1,5 | NE 2,8 | SW 3,8 | SW 4,3 | SW 4 | SW 3,5 | SW 4,1 | NE 2,9 | NE 2,7 | NE 2,6 | NE 2 | NE 2,6 |
| 1976 | NE 1,5 | SW 3,3 | SW 4,3 | SW 3,3 | SW 2,9 | SW 2,9 | NE 2,3 | NE 2,5 | NE 2,2 | NE 2,1 | NE 2,2 | NE 1,8 |
| 1978 | WSW 2,4 | WSW 3,1 | WSW 3,7 | WSW 4,2 | WSW 4,3 | SW 4,8 | SW 4 | NE 2,1 | NE 2 | NE 2,2 | WSW 2,7 | SW 2,8 |
| 1983 | W 3,7 | W 4,1 | WSW 3,7 | E 2,3 | WSW 4,3 | SSW 3,4 | SSW 4,5 | SSW 4,4 | WNW 3,5 | WSW 4,9 | W 3,1 | W 2,3 |
| 1985 | WNW 1,1 | W 2, | WSW 3,2 | S 3,4 | SSW 3,3 | SSW 4,1 | SSW 4,1 | SSW 2,1 | SSW 1,8 | SW 1,7 | NNW 1,2 | NNW 1,2 |
| 1986 | N 0,8 | SSW 1,8 | SSW 1,7 | SSW 1,8 | SSW 1,8 | SSW 3,6 | SSW 4,2 | SSW 9,2 | SSW 4,3 | SSW 3,3 | W 3,7 | WNW 2,9 |
| 1987 | WNW 3,4 | WSW 3,6 | WNW 4,4 | WSW 5,2 | WSW 6,1 | SW 6,4 | SW 6,7 | SW 5,8 | SW 5 | SW 4,1 | WNW 3,5 | WSW 2,7 |
| 1988 | WSW 3,9 | SW 4,1 | WSW 4,5 | SW 4,9 | SSW 5,2 | SW 5,6 | SSW 5,3 | SSW 5,2 | SSW 4,7 | SSW 5,2 | SW 3,9 | WNW 2,9 |
| 1989 | WNW 3,8 | WSW 3,9 | SW 5,1 | SW 5,4 | SSW 6,1 | SSW 6,2 | SSW 6,5 | S 4,7 | NNE 2,7 | SSW 5,1 | WNW 2,9 | NW 2,6 |
| 1990 | WNW 3 | SW 3,3 | WSW 3,6 | WSW 4 | SSW 4,3 | SSW 4,6 | SSW 3,7 | WSW 3,7 | SSW 2,7 | WSW 1,9 | SSW 1,4 | SSW 1,5 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|
| 1er Dominante | WSW | SW | SW | SW | SSW | SW | SSW | SSW | SSW | SSW | SW | WSW | NE |
| 2o. Dominante | WNW | WSW | WSW | WSW | WSW | SSW | SW | SW | NE | SSW | SW | WSW | |

ANEXO 22

Culiacán Latitud $24^{\circ} 48' N$



| Culiacán Hrs | 21 Junio | | 21 Mar/23 Sep | | 21 Diciembre | |
|-----------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | Azimet | Inclinación | Azimet | Inclinación | Azimet | Inclinación |
| 8 | 78° | 36° | 104° | 27° | 125° | 14° |
| 9 | 83° | 49° | 113° | 40° | 134° | 25° |
| 10 | 87° | 63° | 125° | 52° | 147° | 34° |
| 11 | 94° | 76° | 148° | 61° | 162° | 40° |
| 12 | 180° | 88° | 180° | 65° | 180° | 42° |
| 13 | 266° | 76° | 212° | 61° | 198° | 40° |
| 14 | 273° | 63° | 234° | 52° | 213° | 34° |
| 15 | 277° | 49° | 247° | 40° | 226° | 25° |
| 16 | 282° | 36° | 256° | 27° | 235° | 14° |
| 17 | 286° | 22° | 264° | 14° | 243° | 03° |