

Hacia una **EVALUACIÓN** de las ciudades **CONTEMPORÁNEAS:**

DIAGNÓSTICO Y ESTRATEGIAS PARA LA HABITABILIDAD SOSTENIBLE Y CALIDAD DE VIDA



Hacia una **EVALUACIÓN** de las ciudades **CONTEMPORÁNEAS**:

DIAGNÓSTICO Y ESTRATEGIAS PARA LA HABITABILIDAD SOSTENIBLE Y CALIDAD DE VIDA

MARÍA ELENA TORRES PÉREZ
Coordinación y Edición



Red Nacional de Investigación Urbana

Universidad Autónoma de Yucatán
Facultad de Arquitectura

2018



Hacia una Evaluación de las Ciudades Contemporáneas: Diagnóstico y Estrategias para la Habitabilidad Sostenible y Calidad De Vida

María Elena Torres Pérez
COORDINACIÓN Y EDICIÓN

Primera edición, 2018
ISBN: 978-607-8527-75-5

D.R. © Universidad Autónoma de Yucatán,
Calle 60 x 57, No. 491 A
Centro. C.P. 97000, Mérida, Yucatán.
Tel. (999) 9-24-90-12, ext. 121 y 142
Correo electrónico:
mariaelena.torres@correo.uady.mx

D.R. © Programa editorial de la
Red de Investigación Urbana A.C.
Sede: DIAU-UAP. Juan de Palafox y
Mendoza 208, segundo patio, tercer piso,
Centro, 72000. Puebla, Pue.
Tel.: (222) 2462832. Fax: (222) 2324506,
correo electrónico: miu@siu.buap.mx.
Página: www.miu.buap.mx

Hecho en México / Made in Mexico

Diseño Editorial

Cecilia Gorostieta Monjaraz
María Elena Torres Pérez
Dafne Sánchez Góngora

Fotografía de portada

Juan Carlos Sánchez Arceo

Diseño de Portada

Cecilia Gorostieta

HT 169 .M6 .H33 2018 Hacia una evaluación de las ciudades contemporáneas: diagnóstico y estrategias para la habitabilidad sostenible y calidad de la vida / María Elena Torres Pérez, coordinación y edición.—Puebla, Puebla : Red Nacional de Investigación Urbana ; Mérida, Yucatán : Universidad Autónoma de Yucatán, 2018.

912 páginas.

1. Desarrollo urbano sustentable—México—Estudio de casos. 2. Urbanismo—Aspectos ambientales—México—Estudio de casos.
3. Política de vivienda—México—Estudio de casos.
4. Construcción de viviendas —Aspectos ambientales—México Estudio de casos.
5. Política urbana—México—Estudio de casos.
6. Arquitectos y desarrolladores de vivienda—México—Estudio de casos. I. Torres Pérez, María Elena.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

Dr. José de Jesús Williams
Rector

M.O. José Luis Villamil Urzaiz
Secretario General

IQI. Carlos Estrada Pinto, M. en C.
Director General de Desarrollo Académico

Dr. Javier Becerril García
Coordinador General del Sistema de
Posgrado, Investigación y Vinculación

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Arq. Alfredo J. Alonzo Aguilar, M. en C.
Director de la Facultad de Arquitectura

Mtro. en Arq. Mario A. León Flores
Secretario Académico

Mtro. en Arq. José Luis Cocom Herrera
Secretario Administrativo

Dra. en Arq. Lucía Tello Peón
Jefa de la Unidad de Posgrado e
Investigación

RED NACIONAL DE INVESTIGACIÓN URBANA

Dra. Elsa Patiño Tovar
Directora General de la RNIU

PROYECTO APOYADO POR EL FONDO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO PARA EL FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE VIVIENDA Y EL CRECIMIENTO DEL SECTOR HABITACIONAL

Evaluación de las condiciones urbanas y arquitectónicas y su impacto en la habitabilidad de los conjuntos de vivienda construida en serie en México, Caso Mérida Yucatán, CONAVI CONACyT 2014-236282.
SISTPROY-FARQ 2015 001
María Elena Torres Pérez, responsable técnico.

Esta investigación, arbitrada por pares académicos, se privilegia con el aval de la institución dictaminadora. Los trabajos publicados de este libro fueron sometidos a arbitraje doble ciego según consta en el expediente que se conserva en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán.

El contenido es responsabilidad de los autores, quienes garantizan que tanto el artículo como los materiales vinculados a él son originales y no infringen derechos de autor.

COMITE DE ARBITRAJE CIENTÍFICO

DICTAMINADORES CIENTÍFICOS DEL LIBRO

Dr. Roberto Goycoolea Prado

Escuela de Arquitectura,
Universidad de Alcalá de Henares,
Madrid, España

Dra. Paz Núñez Martí

Escuela de Arquitectura,
Universidad de Alcalá de Henares,
Madrid, España

COMITE DE ARBITRAJE CIENTÍFICO POR CAPÍTULO

Dra. Gladys Noemí Arana López

Universidad Autónoma de Yucatán

Mtra. Sandra Bacelis

Universidad Autónoma
Metropolitana-Xochimilco

Dra. Martha Chavez

Universidad de Colima

Dr. Jesús Enrique de Hoyos Martínez

Universidad Autónoma del Estado de
México

Dra. Marina Inés de la Torre Vázquez

Universidad de Guanajuato

Dr. José Fuentes Gómez

Universidad Autónoma de Yucatán

Dr. Bernardo Navarro Benítez

Universidad Autónoma
Metropolitana-Xochimilco

Dr. Marco Tulio Peraza Guzmán

Universidad Autónoma de Yucatán

Dr. Jorge Regalado Santillán

Universidad Autónoma de Guadalajara

Dr. Roberto Reyes Pérez

Universidad Autónoma de Yucatán

Dra. Rubi Elina Ruiz y Sabido

Universidad Autónoma de Yucatán

Dra. María Elena Torres Pérez

Universidad Autónoma de Yucatán

Dr. Mauricio Velasco Ávalos

Universidad de Guanajuato

Dra. Magnolia Vélez Palacios

Universidad de San Carlos de Guatemala

Índice

	PRESENTACIÓN María Elena Torres Pérez	9
	PRÓLOGO Roberto Goycoolea Prado, Paz Núñez Martí	10
I	FUNCIONALIDAD FÍSICA Y CULTURAL	17
1	MARÍA ELENA TORRES PÉREZ Vivienda construida en serie: Efectos de la funcionalidad mínima en la habitabilidad y sostenibilidad urbana arquitectónica en la salud	18
2	RAMÓN LEOPOLDO MORENO MURRIETA, LUIS CARLOS BRAVO PEÑA, LUIS CARLOS ALATORRE CEJUDO Habitar, imaginarios y territorios en Cuauhtémoc y Ciudad Juárez. La ciudad como un espacio pluriétnico y pluricultural	60
3	VERÓNICA AGUILAR QUINTANAR Accesibilidad: Análisis de las condiciones de proximidad de usos de suelo en ciudades mexicanas	84
4	NOELIA ÁVILA DELGADO Diferencias escalas relaciones. Un acercamiento al carácter complejo y multidimensional del centro histórico de Oaxaca	103
5	MARINA INÉS DE LA TORRE VÁZQUEZ, DAVID NAVARRETE ESCOBEDO Perspectivas teóricas de los procesos de (re)invención del patrimonio en centralidades mexicanas	120
6	DAVID NAVARRETE ESCOBEDO Espacio público y gentrificación en la centralidad turistificada: manifestaciones de una transformación urbana selectiva	138
7	TERESA ESTHER RAMÍREZ ORTEGÓN, JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ FAJARDO Parques en línea: Impacto en los estudiantes de Yucatán	156
8	RICARDO SALAZAR RAMÍREZ, JUDITH LEY GARCÍA Vivienda Adecuada: El caso de la Ciudad de Mexicali en Baja California	167
9	LUCÍA QUIÑONES CETINA, JOSÉ GAMBOA CETINA Análisis antropológico de viviendas ubicadas en fraccionamientos de alta densidad en Ciudad Caucel: El caso de Villa Jardín”	191
10	EDGARDO BOLIO ARCEO, YOLANDA FERNÁNDEZ MARTÍNEZ Revisión comparada de los espacios públicos tradicionales y modernos en conjuntos habitacionales. Plazas, Parques y Jardines Vecinales en Mérida	218
II	ADAPTABILIDAD CLIMÁTICA	252
11	HERLINDA DEL S. SILVA POOT, RIGOBERTO SOSA CHI Calidad ambiental urbana Análisis de la ciudad de Chetumal	253
12	RAQUEL CONCEPCIÓN SÁNCHEZ ROSAS Paisaje urbano autóctono en Yucatán. Una aproximación a través del caso de Hunucmá	275

13	JUAN MANUEL FIGUEROA MENDIOLA Escorrentía urbana: el modelo de aprovechamiento urbano para aguas pluviales. El caso de Cuernavaca	292
14	CARLOS ALBERTO ITURBE MARTÍNEZ Estrategias para limitar la degradación urbana en la ciudad de Toluca, México	308
15	JORGE VILLANUEVA SOLÍS Clima urbano: Isla de calor y su impacto ambiental en el sector de la vivienda. El caso de Mexicali, B.C.	325
16	JAVIER FIGUEROA PELAYO, NURY SELENE SANTOS MORALES, YORDAN EMMANUEL RUIZ MENESES Reflexiones sobre decolonialidad y topofilia. Dos conceptos para la construcción resiliente del corpus territorial latinoamericano	363
17	GABRIEL BALDERAS ROMERO Flujo de aire superficial en la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala	385
18	JUAN CARLOS CHAB MEDINA, JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ ITURBE Diagnóstico de arbolado de alineación de cuatro colonias de la ciudad de Mérida: Evaluación de su condición/vigor y su relación con la infraestructura urbana	401
19	TERESA E. RAMÍREZ ORTEGÓN, ALAN E. VEGA PASOS Evaluación del Nivel de Sustentabilidad y Análisis Energético de las Viviendas del Complejo Habitacional Villa Jardín en Ciudad Cautel, Mérida	417
20	RAÚL ERNESTO CANTO CETINA, ARLEES YSRAEL DIAZ SALAZAR, RUBÍ ELINA RUIZ Y SABIDO Condiciones térmicas de viviendas en dos nuevos fraccionamientos de la ciudad de Mérida, México: Villa Jardín, multifamiliar, y Piedra de Agua, unifamiliar	454
III	SEGURIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	485
21	REYNA VALLADARES ANGUIANO, MARTHA E. CHÁVEZ GONZÁLEZ Delincuencia y sus efectos en la habitabilidad urbana en el centro de la ciudad de Colima	486
22	DANIEL QUEZADA DANIEL Apropiación del espacio urbano a través del discurso de la violencia e inseguridad para las zonas centro de Morelia, Michoacán y Ciudad Juárez, Chihuahua, 2006-2015	506
23	HÉCTOR CABAÑAS MARRUFO Contaminación sonora en el eje Metropolitano Mérida-Progreso	523
24	ANA LESLIE ESCALANTE CANTO Análisis de la Infraestructura. Las instalaciones en la vivienda	533
25	LUZ ADRIANA CASTIBLANCO MARTÍNEZ, JEISON ANDRÉS HINCAPIE RODRÍGUEZ Espacio público: construcción y apropiación desde la informalidad	568
26	ULISES JOHAMIN SOTO SÁNCHEZ, CÉSAR AUGUSTO GONZÁLEZ BAZÁN Redes sociales de los gobiernos locales. Zona Metropolitana del Valle de Toluca	588

27	EDITH HERNÁNDEZ LÓPEZ, MARINA INÉS DE LA TORRE VÁZQUEZ Turismo y Violencia. Visibilizar el miedo	607
28	ALÍ CAMPOS RUÍZ Ruido en las condiciones de habitabilidad de viviendas construidas en serie	624
29	EDUARDO JOSÉ GÓMEZ GARCÍA Diferencia del valor en la vivienda de acuerdo al sistema constructivo y su infraestructura. Un enfoque de costos, estudio de caso	650
30	GONZALO CORAL VÁZQUEZ Seguridad de la construcción en los conjuntos de vivienda en serie. El caso de la vivienda mínima	691
IV	ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN URBANA	711
31	JOSÉ LUIS CÁRDENAS PÉREZ, MARÍA TERESA CUEVAS CÁCERES Tecnología BIM para la administración urbana. Caso Mérida Yucatán	712
32	MARTHA E. CHÁVEZ GONZÁLEZ Instrumentos de regulación urbana: limitaciones y alternativas para la utilización de vacíos ociosos	730
33	CARMEN GARCÍA GÓMEZ, ALMA ACUÑA GALLARETA Políticas de redensificación urbana y las dinámicas de los pobladores. Caso zona sur de la ciudad de Mérida, Yucatán	752
34	JAVIER RAMOS MEDINA, ERNA MARTHA LÓPEZ GRANADOS Patrones del cambio de cobertura y uso de suelo como indicadores de la expansión urbana en las ciudades medias del estado de Michoacán	773
35	FRANCISCO JAVIER ROSAS FERRUSCA , JUAN ROBERTO CALDERÓN MAYA, VIRIDIANA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ Directrices para la planeación de la transición urbano-metropolitana en Tlanguistenco, Estado de México	790
36	VERÓNICA AGUILAR QUINTANAR, JORGE ARCE, LUIS HERNÁNDEZ, ARMANDO RAMÍREZ, RICARDO SALAZAR RAMÍREZ, BERENICE VIZCARRA Visión sectorial de la planeación contra la idoneidad del territorio para múltiples usos. El caso de la localidad costera de San Felipe, B.C.	820
37	MARÍA TERESA ESQUIVEL HERNÁNDEZ, MARÍA CONCEPCIÓN HUARTE TRUJILLO Política de recuperación del espacio público, detonante de procesos socio organizativos: Programa de Parquímetros en las áreas centrales de la Ciudad de México	845
38	CLAUDIA RODRÍGUEZ ESPINOZA, ERIKA PÉREZ MÚZQUIZ Participación social y gestión del espacio público: aciertos y desaciertos del programa Pueblos Mágicos	864
39	RAFAEL MONROY-ORTIZ, RAFAEL MONROY, COLUMBA MONROY-ORTIZ Perspectivas recientes en torno a la política pública de atención a la vivienda en México	882
40	JOSÉ ALONZO SAHUI MALDONADO Centros Comerciales. ¿Son los centros comerciales un símbolo de desarrollo de las ciudades?	902

Flujo de aire superficial en la Zona Metropolitana

Puebla-Tlaxcala

Gabriel Balderas Romero¹

Resumen

Se presenta el resultado parcial de un estudio sobre el flujo de aire en el que se destacan sus características de dirección e intensidad, así como la distribución espacial y temporal de éstas en el espacio geográfico conocido como Valle de Puebla. Este trabajo formó parte de una investigación más amplia, centrada en el análisis del impacto causado por el crecimiento urbano sobre la climatología local.

Palabras clave: Flujo superficial, sistemas de circulación, campos de viento.

INTRODUCCIÓN

Los espacios metropolitanos están constituidos por un conjunto de asentamientos articulados funcionalmente a un núcleo urbano predominante, cuya influencia se extiende a un territorio que rebasa sus límites municipales o estatales en algunos casos. La Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala estuvo integrada, en su primera delimitación, por 10 municipios del estado de Puebla y 13 del estado de Tlaxcala ocupando la mayor parte del Valle de Puebla o Valle de Puebla-Tlaxcala. Este espacio geográfico constituyó, por su crecimiento acelerado en las últimas décadas, una región de interés para estudiar el impacto del proceso de urbanización en el clima local.

El clima es un concepto que hace referencia a las características propias de un espacio determinado, principalmente se refiere a las condiciones atmosféricas que predominan y que son concomitantes con los demás elementos del medio natural, como los

¹ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

suelos, la vegetación, el relieve, los cuerpos de agua, etc., El clima de un lugar o de una región es el resultado de los intercambios de energía entre el suelo y la atmósfera, y su funcionamiento es modulado por factores astronómicos, geográficos y por su articulación con el sistema global de circulación atmosférica.

El trabajo que se presenta, formó parte de una investigación sobre el impacto del proceso de urbanización en la climatología del Valle de Puebla². En esta parte se hace una descripción de las características del flujo o viento superficial, con base en los datos registrados por las estaciones de una red meteorológica (RAMM), instalada dentro del área de estudio, delimitada por un cuadrado de 40 x 40 Km. con coordenadas UTM 14N WGS84:

565000 E – 2128000 N	sup. derecha
605000 E – 2088000 N	inf. izquierda

PATRONES *de circulación*

En el área de estudio y en general en todo el valle predomina un régimen de vientos muy estable, éste se debe principalmente a las condiciones determinadas por los factores topográficos, en concreto por la configuración del valle así como la pendiente del mismo en la dirección norte-sur, y sobre todo, por la presencia de elevaciones importantes al poniente y oriente³, las cuales aparte de canalizar el flujo en el interior, atenúan los efectos sinópticos favoreciendo la formación de un sistema local de circulación que se ajusta al esquema de vientos de pendiente o sistemas de circulación térmica

El patrón de flujo en la mayor parte del Valle de Puebla o Valle de Puebla-Tlaxcala se caracteriza por un comportamiento simétrico del viento: brisas del norte durante la noche y vientos del sur en el curso del día, con un periodo corto en las primeras horas de la noche durante

² Implicaciones Climatológicas de la Metropolización en el Valle de Puebla. (PUE-2004-C02-6) Fondo Mixto CONACYT – Gobierno del Estado de Puebla

³ La sierra Nevada delimita el Valle en la parte poniente, sus elevaciones más importantes corresponden a los volcanes Popocatepetl (5452 msnm) e Iztaccíhuatl (5282 msnm), al este se encuentra el Volcán de la Malinche (4661 msnm)

el que ingresan al valle vientos del este. Este patrón es persistente y se mantiene durante todo el ciclo anual en que tiene escasas alteraciones, las cuales son provocadas por la invasión de fenómenos atmosféricos mesoescalares, principalmente sistema frontales.

El comportamiento del viento en el Valle de Puebla fue observado hace ya mucho tiempo. En el siglo XVIII el historiador poblano Mariano Fernández de Echeverría y Veytia, hizo una descripción muy precisa sobre este elemento:

“Los vientos que mas reinan son el norte y el sur, aquél regularmente sopla desde el amanecer hasta las diez del día y desde esta hora en adelante se cambia al sur; pero en el verano, que es aquí el tiempo de lluvias, vuelve a llamarse por las tardes al nordeste o al levante, que es por donde frecuentemente viene los aguaceros⁴”.

Otros trabajos sobre el flujo de aire en el área de estudio fueron abordados en el Proyecto Puebla-Tlaxcala, impulsado por la Fundación Alemana para la Investigación Científica en la década 1960–1970, entre la vasta producción científica que desarrollaron estos investigadores, destaca para los propósitos del presente estudio, el trabajo realizado por Gaeb⁵, así como la Carta de Efectos Climáticos Regionales elaborada por Wilhelm Lauer y Peter Frankenberg.

La interpretación de Gaeb con base en los datos publicados por E. Jáuregui⁶, es la siguiente: “debido a la orientación que tiene el valle, predominan durante el día los vientos del sur (vientos anabáticos) y por las noches los vientos del norte y del nordeste (vientos katabáticos)”.

En un trabajo previo se llevó a cabo un estudio de la circulación local con información derivada de seis estaciones automáticas distribuidas en diferentes puntos de la ciudad, los datos horarios registrados en estos puntos fueron procesados para obtener sus componentes U-V a las que se aplicó un método de interpolación (Kriging) del software

4 H. Ayuntamiento del Municipio de Puebla. 1991. PUEBLA, Antología de una Ciudad, Crónicas y Cartografía 1531 –1992. De la Planta de la ciudad, su situación, dimensiones, calles y plazas. (Fragmento) Mariano Fernández de Echeverría y Veytia.

5 Gaeb, Günter Michael. 1970. Investigaciones del clima de la ciudad de Puebla. Comunicaciones No. 17. Puebla.

6 Jáuregui O., Ernesto. 1968. Mesoclima de la Región Puebla-Tlaxcala. Instituto de Geografía, UNAM, México.

Surfer, posteriormente se calcularon sus componentes en celdas de 1km. x 1km. para obtener campos de viento horarios.

Complementando lo anterior se desarrolló una aplicación para animar las imágenes de los campos de viento horario, mediante la cual se pudo observar, y en cierta medida corroborar, el comportamiento del patrón de flujo local descrito en los trabajos anteriores.

Como resultado de este análisis, fue posible establecer con mayor precisión el patrón de flujo superficial, éste se distingue por la alternancia de tres sistemas de viento durante el ciclo diurno:

- Vientos katabáticos. Se presentan en las primeras horas del día desde las 0:00 hrs. en invierno y las 2:00 hrs. en primavera hasta las 9:00 u 11:00 a.m., están constituidos por los escurremientos de aire frío del norte y noreste, encausados por las pendientes del valle en el sentido norte-sur, así como de la Malinche ubicada al noreste de la ciudad, ver fig.2.1.
- Vientos anabáticos. Una o dos horas antes del medio día la circulación se invierte incrementando su intensidad toda la tarde hasta una hora después de la puesta del sol, dominan las brisas del sur generadas por el calentamiento del aire en el fondo del valle, estos vientos contribuyen en el periodo húmedo a la formación de nubes convectivas. ver fig.2.3.
- Vientos del Este. Después del atardecer en la primera parte de la noche predomina una corriente del este que tiene su origen en los valles de Tepeaca y Oriental, esta es canalizada hacia la ciudad por el estrangulamiento que se forma entre las faldas de la Malinche y la sierra de Amozoc y entre esta y la del Tentzo.

Los cambios en la dirección del viento, a media mañana, quedan separados por un tiempo de transición relativamente corto en que se forman circulaciones ciclónicas sobre la parte central de la ciudad, ver fig. 2.2, este comportamiento puede explicarse por la convergencia de la corriente que se desvanece y la que comienza, así como por el movimiento convectivo originado por el calentamiento del suelo y de las superficies urbanas.

El tercer periodo, en que se establecen los vientos del este, constituye también una transición más prolongada en la que habiendo perdido

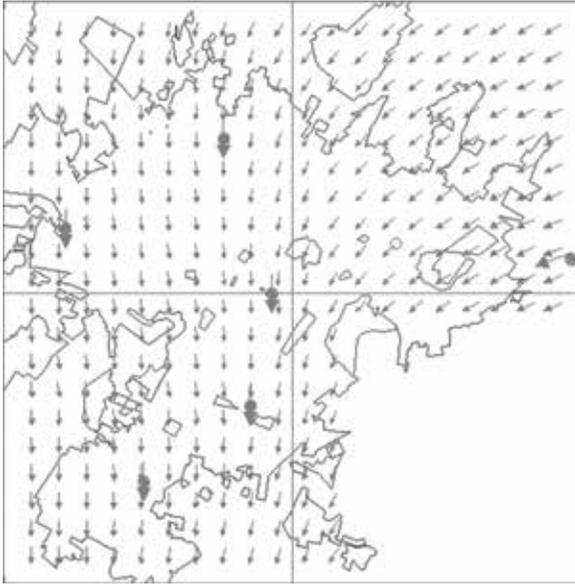


Fig. 2.1 Campos de Viento. Puebla. Mes de Enero 2:00 hrs. (Fuente: elaboración propia)

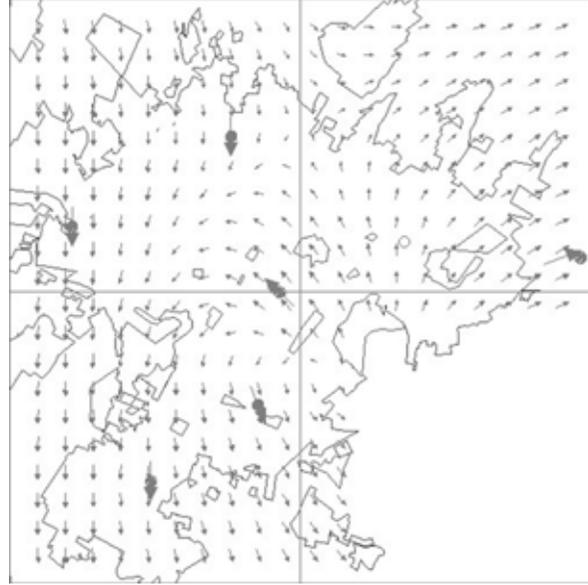


Fig. 2.2 Campos de Viento. Puebla. Mes de Marzo 10:00 hrs. (Fuente: elaboración propia)

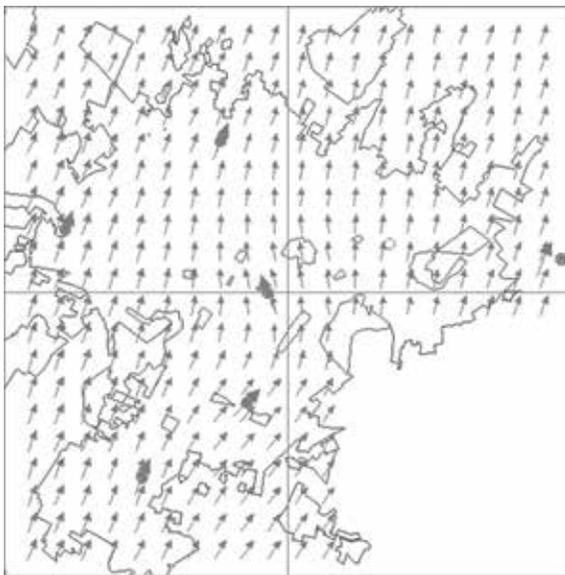


Fig. 2.3 Campos de Viento. Puebla. Mes de Enero 14:00 hrs. (Fuente: elaboración propia)

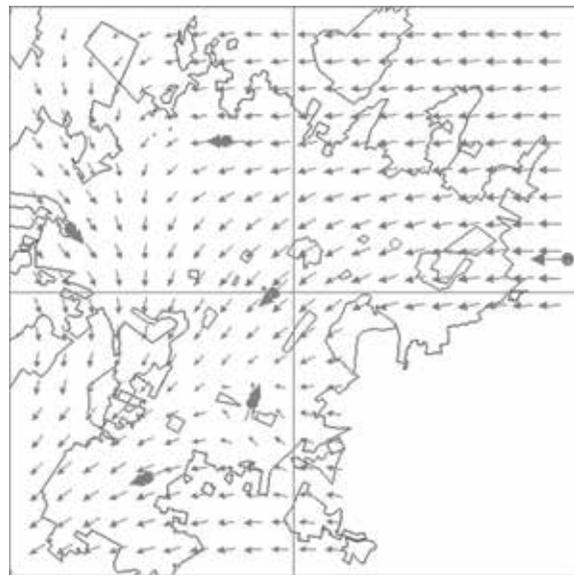


Fig. 2.4 Campos de Viento. Puebla. Mes de Marzo 22:00 hrs. (Fuente: elaboración propia)

fuerza las brisas del sur, sin consolidarse todavía los vientos katabáticos, se impone el efecto de un sistema de circulación más amplio, originado por las diferencia de temperatura altitud y presión entre el Valle de Puebla y los Valles de Tepeaca y Tepexi.

Las alteraciones de los vientos locales se deben, como se ha indicado anteriormente, a la invasión de sistemas atmosféricos de mayor escala, entre éstos los frentes fríos más que otros sistemas, inducen modificaciones en la dirección e intensidad, ver fig. 2.5 y 2.6.

CARACTERÍSTICAS de intensidad

De acuerdo con los datos registrados en las estaciones, se observa que la intensidad del viento en el valle presenta características similares, su comportamiento durante el ciclo diurno es de calma durante la noche y la mañana hasta el mediodía, con un periodo entre las 12:00 y las 18:00 horas en que se presentan los vientos máximos, los cuales alcanzan velocidades medias entre 4 y 8 m/s (15 a 30 km/h). Según puede observarse en las figuras 3.1 y 3.2, en las que se muestran las gráficas de velocidad media horaria mensual y de frecuencia de direcciones (diurna y nocturna) de los meses de mayo y octubre, registrados en la estación de San Miguel Xoxtla, ubicada en la parte central del valle.

En la gráfica de la figura 3.1, sobresalen algunos alargamientos que alteran el comportamiento regular, especialmente los días del 27 al 29 en que ingresó a la región un frente frío con vientos del norte que se impusieron durante todo el día a los vientos locales de menor intensidad. Los alargamientos de la zona de vientos máximos en la misma gráfica, corresponden a días en que se tuvo la presencia de otros frentes con intensidad variable.

Las gráficas de intensidad o velocidad del viento se construyeron con los promedios horarios para ilustrar con mayor claridad la distribución temporal de este parámetro, cabe apuntar que los valores más altos, de la franja entre 12:00 y 18:00 horas coincide en buena medida con el periodo de temperaturas máximas.

La gráfica complementaria que muestra la distribución direccional del viento, agrupa las frecuencias durante el mes en dos periodos, el diurno entre las 10:00 y las 20:00 horas, y el nocturno entre

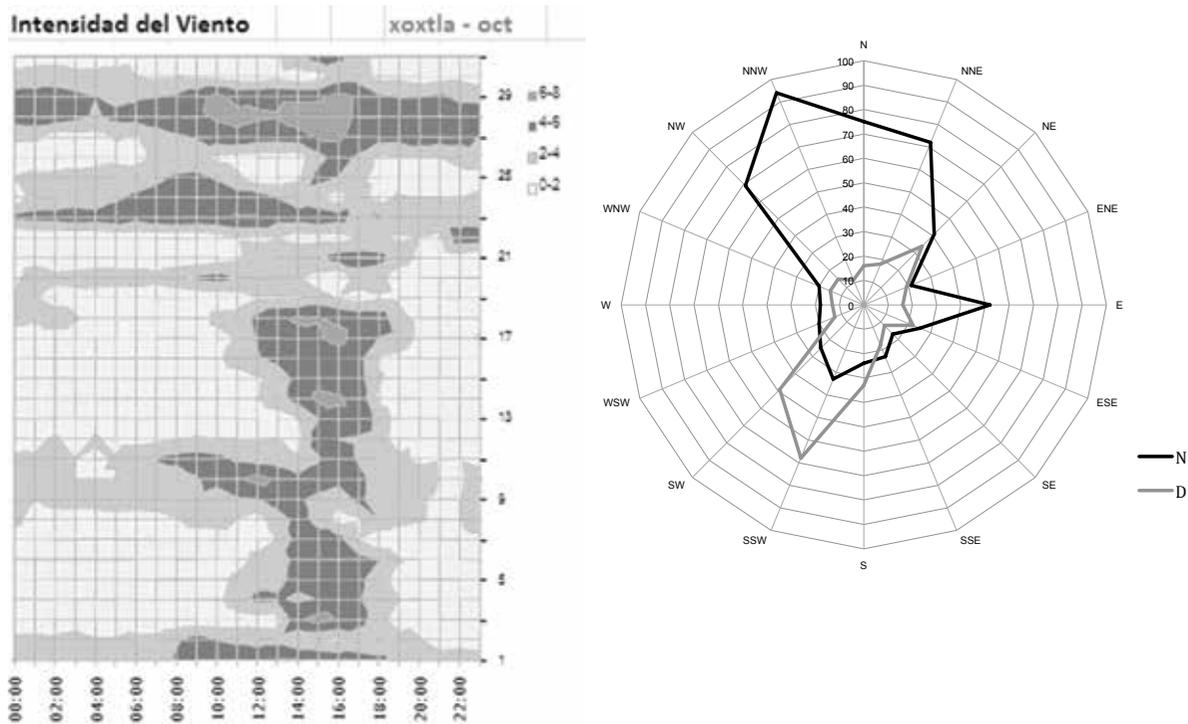


Fig. 3.1 Gráficas de Velocidad y frecuencia de direcciones del Viento (Octubre 2008)

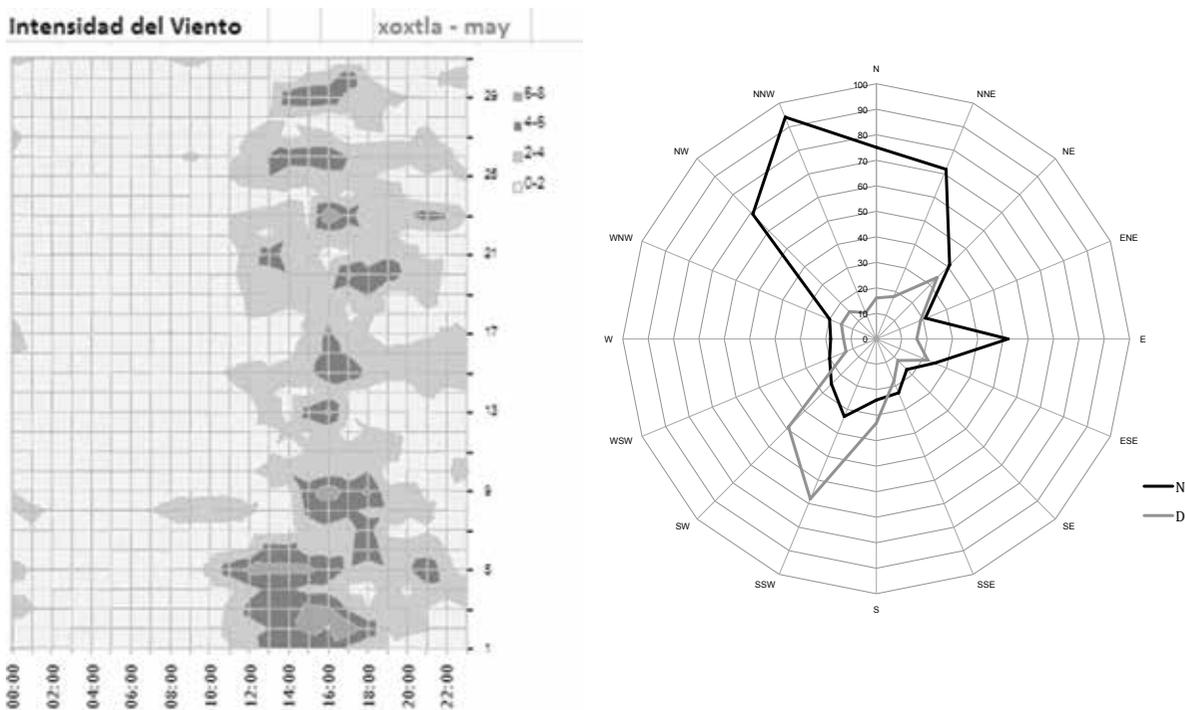


Fig. 3.2 Gráficas de Velocidad y frecuencia de direcciones del Viento (Mayo 2008)

las 20:00 y las 10:00 horas. En la distribución indicada se observa el predominio de las direcciones en la zona NW (noroeste) y NNE (noroeste) durante la noche, con un pico que se extiende ligeramente al este, coincidiendo con lo expuesto en la sección anterior, durante el día predominan las direcciones del SW (suroeste) y SSW (suroeste). La distribución direccional en las demás estaciones es similar con muy ligeras variaciones.

EFFECTOS urbanos

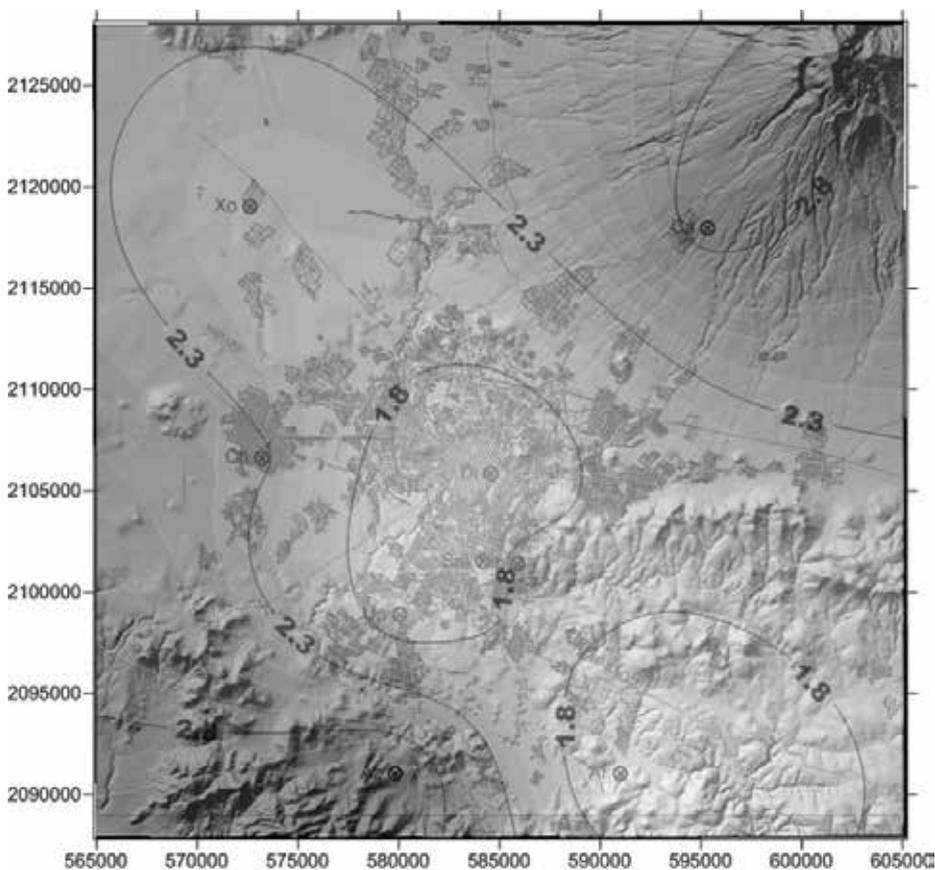


Fig. 4.1 Distribución espacial de la intensidad (m/s)

Los áreas urbanizadas constituyen superficies con mayor rugosidad que las áreas rurales aledañas, en general las edificaciones, a diferencia de la vegetación, constituyen obstáculos infranqueables para la libre circulación del viento, éste debe rodearlas y buscar los lugares abiertos por donde pueda fluir, generalmente por las calles y avenidas,

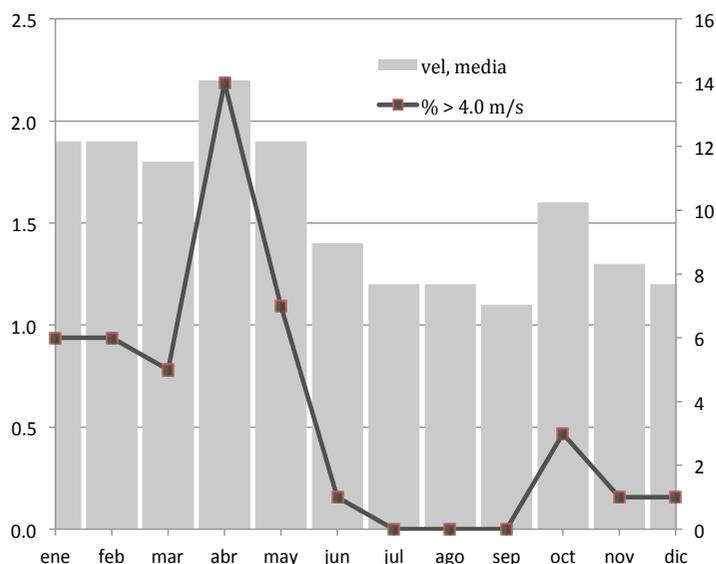
a las que se denomina cañones urbanos en las trazas tradicionales de las ciudades. Sin embargo con la expansión urbana se rompe con dicha traza y la circulación del viento se vuelve muy compleja, de tal manera que su estudio solamente puede llevarse a cabo mediante la modelación computacional o con modelos a escala en túneles de viento.

No estuvo en la intención del estudio realizar un análisis del flujo de aire al interior de las zonas urbanas, su referencia tiene solamente el propósito de indicar que la irregularidad superficial generada por el conjunto de edificaciones y definida como rugosidad, tiene un efecto de ralentización en el viento, por todas las alteraciones de la circulación bajo lo que se conoce como dosel urbano (altura media de las edificaciones). El efecto de frenado originado por la rugosidad superficial se extiende hacia las capas superiores en donde pierde fuerza a medida que se aleja del suelo.

Con los datos de velocidad promedio horaria de las estaciones, se construyeron mapas de distribución superficial de la intensidad del viento, mediante la aplicación del método Kriging para interpolación, implementado en el software SURFER. El mapa incluido en la figura 4.1 corresponde al día 5 de marzo de 2015, en él es posible observar que las isolíneas delimitan dos zonas con valores mínimos de intensidad, una de éstas en la parte central, se localiza sobre la ciudad de Puebla en donde se hace evidente el efecto descrito causado por las edificaciones. La otra zona se ubica al sureste, sobre una región escarpada con pequeñas elevaciones, tiene las mismas características de una superficie rugosa, diferente de la urbana, pero de igual manera contribuye a la ralentización del viento.

POTENCIAL *eólico*

La energía cinética del viento se ha utilizado hace ya mucho tiempo, sin embargo en las últimas décadas se ha fortalecido como un recurso importante para generar electricidad. No obstante que las características del espacio estudiado carecen de un potencial significativo en este campo, se consideró conveniente explorar este aspecto. Para tal fin se obtuvieron las velocidades medias mensuales así como el porcentaje de viento superior a 4 m/s. (atendiendo a lo que se considera como



Gráfica 5.1 RAMM012 –DIAU. Velocidad media del Viento y % de frecuencias mayores de 4 m/s

umbral de arranque⁷ entre 3 y 5 m/s, dependiendo del tipo de generador). También se construyeron histogramas de frecuencia de intensidades con intervalos de clase de 0.5 m/s en el rango de 0 a 6.0 m/s.

Con el propósito de ilustrar las características del viento en el espacio de estudio, se presentan las gráficas correspondientes a las estaciones DIAU (RAMM12), ubicada en el centro de la ciudad de Puebla y Xoxtla (RAMM01), localizada en el poblado de San

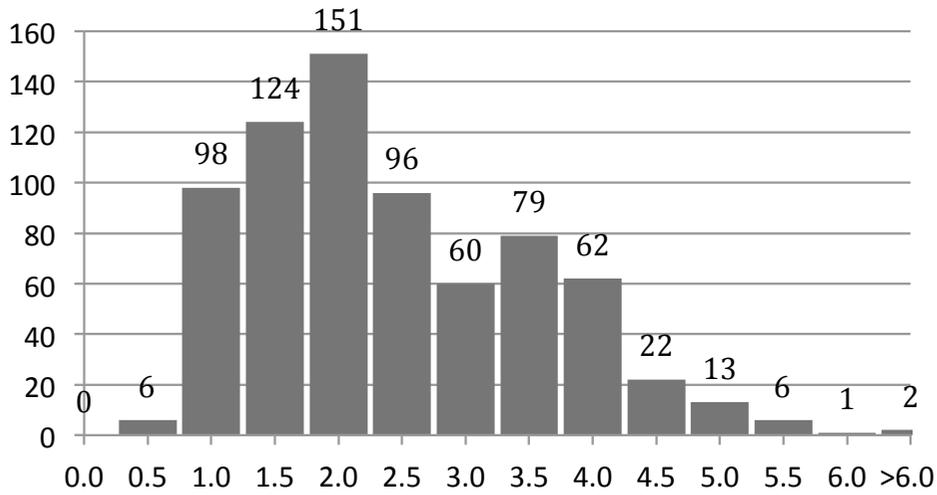
Miguel Xoxtla en la parte central del valle. Ver gráficas 5.1 a 5.4.

Una primera observación que se desprende al revisar las gráficas, es que la velocidad media mensual del viento es menor en los meses del periodo húmedo (junio a septiembre) y las velocidades medias máximas se presentan en los meses de abril y octubre, lo mismo ocurre con el porcentaje de tiempo en que la velocidad del viento es superior a 4 m/s. (línea verde). Para esta, los meses lluviosos carecen de vientos sobre el umbral establecido.

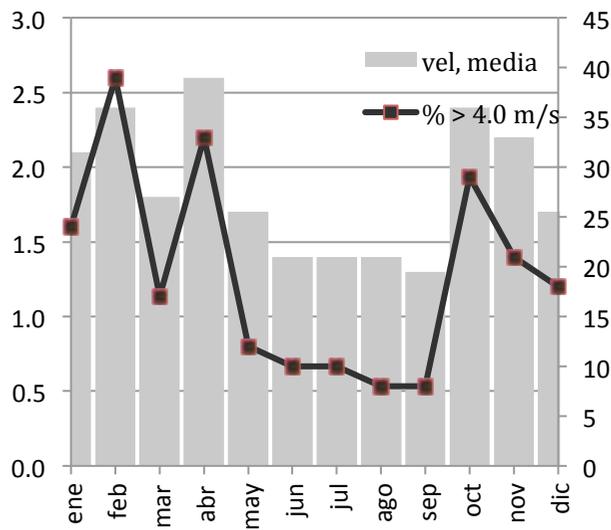
Se presentan solamente los histogramas de frecuencia para el mes de abril, que es el mes con velocidades medias máximas, se observa curiosamente que la frecuencia más alta en la RAMM12, se ubica en 2 m/s, y de 1 m/s en la RAMM01, aunque en esta última se presentan velocidades superiores a los 6 m/s.

⁷ Sequi, Juan R; Ulises Gómez y Rafael Herrera. Caracterización Del Recurso Eólico En El Extremo Norte De La Subcuenca Del Río Los Puestos – Dpto. Ambato –Catamarca. Rev. CIZAS. Vol 5 No. 1–2. Disponible en: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/CIZAS/imagenes/pdf/V5-/2.p%20C3%A1g.24-40.Sequi.pdf>

Frecuencia

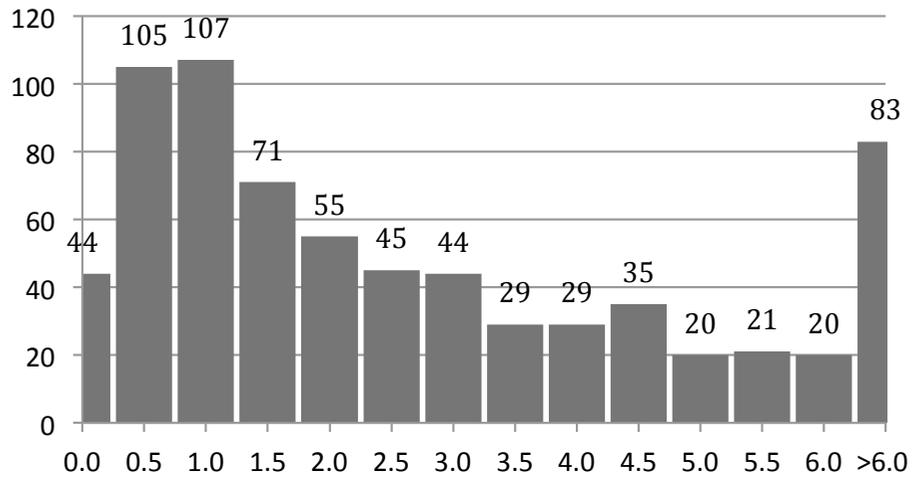


Gráfica 5.2 RAMM12 –DIAU. Frecuencia de Velocidades en intervalos de clase de 0.5 m/s (abril)

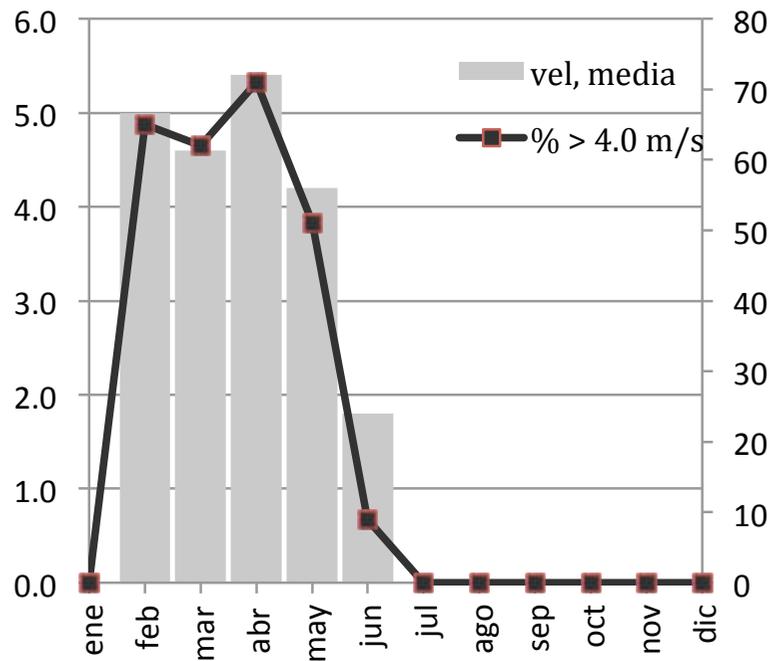


Gráfica 5.3 RAMM01 –Xoxtla. Velocidad media del Viento y % de frecuencias mayores de 4 m/s

Frecuencia

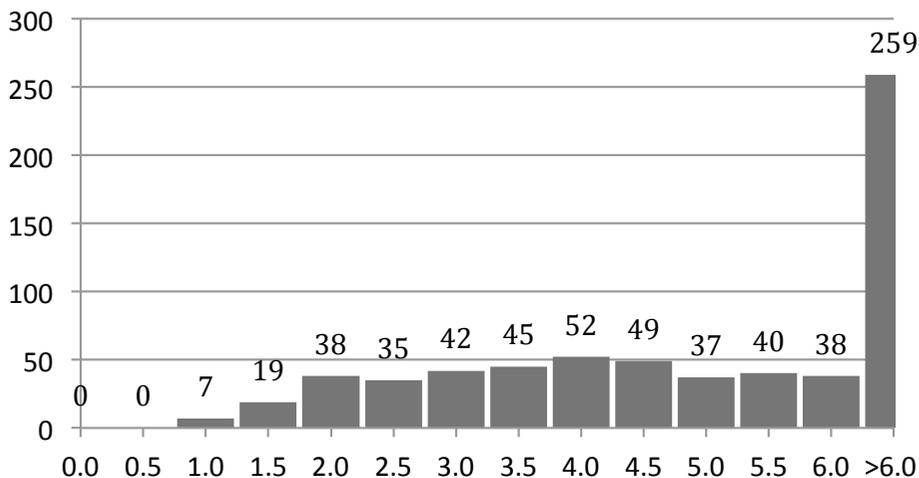


Gráfica 5.4 RAMM01 –Xoxtla. Frecuencia de Velocidades en intervalos de clase de 0.5 m/s (abril)



Gráfica 5.5 RAMM09 –Malacatepec Velocidad media del Viento y % de frecuencias mayores de 4 m/s

Frecuencia



Gráfica 5.6 RAMM09 –Malacatepec. Frecuencia de Velocidades en intervalos de clase de 0.5 m/s (abril)

Las gráficas de velocidad media mensual entre las estaciones RAMM 12 y RAMM 01 muestran bastante similitud tanto en sus valores como en su distribución en los diferentes meses del año, solamente se observa que las velocidades medias son 0.5 m/s menores en la estación ubicada en el centro de la ciudad RAMM 12, lo mismo se aplica para el porcentaje de viento superior a 4 m/s. Esta diferencia se debe a la desaceleración provocada por la rugosidad superficial más alta en la zona de mayor densidad de construcción.

Un caso atípico, lo constituye la estación de Sta. María Malacatepec, localizada al sur de la ciudad, en las pequeñas elevaciones que forman parte del extremo occidental de la sierra del Tentzo. Como se puede observar en las gráficas 5.5 y 5.6 de los meses en que fue posible medir el viento (los anemómetros instalados en este sitio dejan de funcionar en poco tiempo) Tanto las velocidades medias mensuales como los porcentajes de tiempo mayor que 4 m/s, son considerablemente superiores a los de las demás estaciones, destacando en el histograma la ubicación de la frecuencia más alta sobre los 6 m/s.

A continuación se hace algunas observaciones acerca de las causas que favorecen en este sitio vientos intensos que pudieran aprovecharse para la generación de energía.

Las figuras 5.1 y 5.2 dan una idea de la altimetría del Valle de Puebla y su relación con una región de terreno escarpado, al sur, cuya

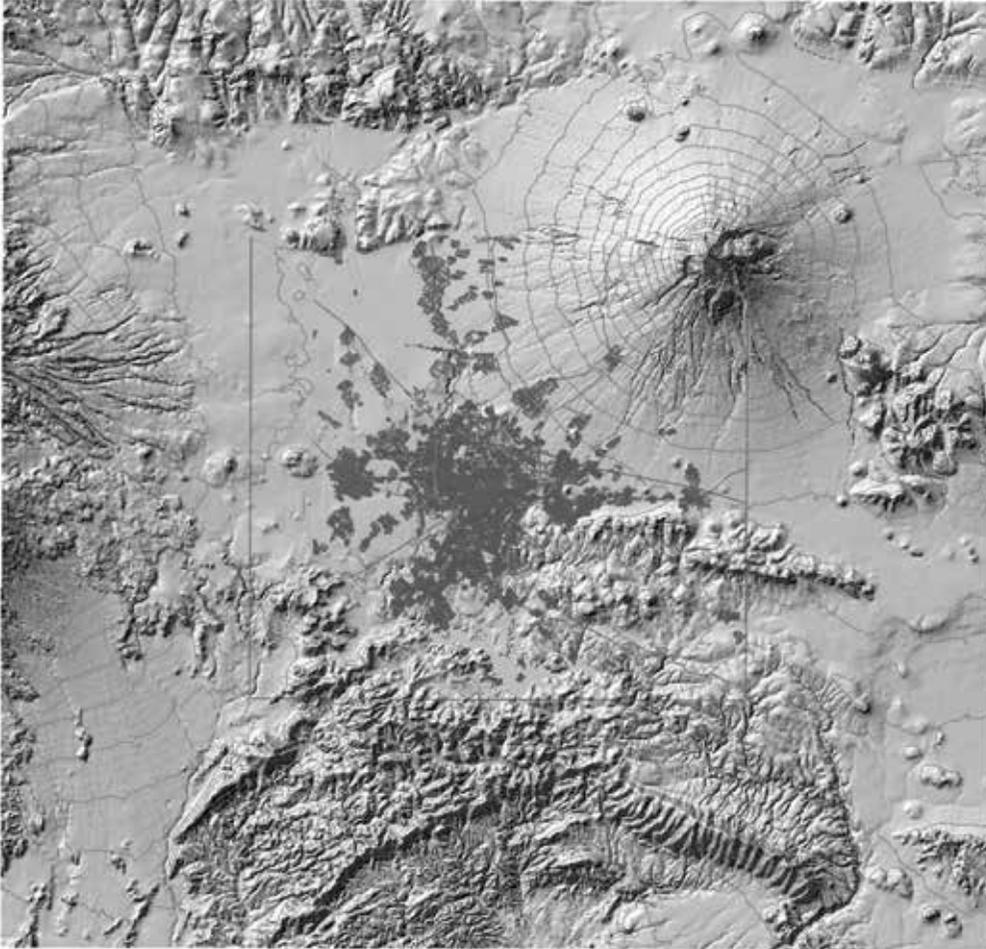


Fig. 6.1 Altimetría de la zona de estudio Fuente: DEM 3" de arco SRTM-NASA

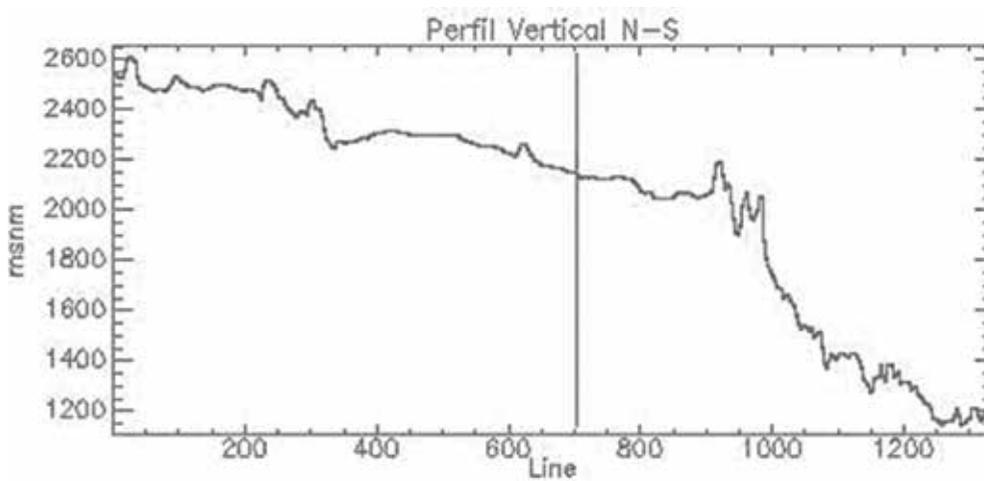


Fig. 6.2 Altimetría: Perfil Vertical Norte-Sur

diferencia de altitud es del orden de 800 a 1000 m. Considerando el patrón de flujo descrito anteriormente, cuando se establecen los vientos anabáticos provenientes del fondo del valle, éstos deben ascender y sortear las elevaciones de la sierra del Tentzo (sobre la línea 1000 en el perfil vertical) para ingresar al valle. El obstáculo que representan estas elevaciones induce una aceleración del flujo aéreo precisamente en esa zona. Cabe señalar que dicha aceleración va acompañada de turbulencia, la cual puede explicar la alta rafagosidad por la que se registran esporádicamente velocidades muy altas.

CONCLUSIONES

El estudio realizado tiene como base los datos registrados por 10 estaciones meteorológicas que integran la Red Automática de Monitoreo Meteorológico, las estaciones fueron instaladas en edificios escolares localizados en diferentes puntos del área de estudio, los anemómetros están colocados sobre un mástil a una altura de 9 m. sobre el nivel de las azoteas. Al respecto cabe señalar que se tienen datos de 10 puntos dentro de un área bastante extensa (1600 km²), con un relieve que aunque en su mayor parte es llano con una pendiente suave, tiene también zonas irregulares con elevaciones importantes y topografía escabrosa, es precisamente en estas zonas donde no es confiable la extrapolación de los puntos de observación.

Considerando lo anterior, el análisis sobre las características del flujo superficial del aire en el área de estudio es consistente y se puede utilizar como base para estudios más detallados, o de mayor profundidad, entre ellos la implementación de modelos atmosféricos de mesoescala, para los que son indispensables los datos de superficie. En una escala menor se ubican los modelos microclimáticos de zonas urbanas o los modelos de dispersión de contaminantes, todos ellos requieren de información meteorológica local, en la que el viento es un parámetro relevante.

Para efectos prácticos la información presentada puede ser de utilidad en los campos de la planeación territorial y urbana, ya que se proporcionan referencias confiables de la dirección de flujo y la distribución de intensidades, que ayudarían a evaluar la ubicación de industria u otras fuentes

En cuanto al potencial eólico del espacio estudiado, es obvio que no hay muchas posibilidades para su aprovechamiento para la generación de energía, sin embargo el desarrollo reciente de pequeños generadores con mayor eficiencia y menores umbrales de arranque, abre la posibilidad de su utilización en las zonas semirurales. Para reforzar lo anterior, vale la pena mencionar que hace pocas décadas funcionaron algunos molinos de viento para extraer agua en haciendas y ranchos de la parte sur de la ciudad, desafortunadamente estos sistemas de bombeo fueron desmantelados con el avance de la urbanización en esa zona. Ciertamente, estos sistemas tendrían una desventaja considerable para competir con los recursos actuales de dotación de agua, además de que la densidad de construcción ha modificado la rugosidad superficial afectando con ello la intensidad del flujo en las capas inferiores, por lo que ahora tendrían que colocarse a mayor altura. Es evidente que por el momento no se tiene necesidad de utilizar los mismos mecanismos, y es difícil pensar en aplicaciones eólicas para atender alguna exigencia que las justifique, como fue el caso de estos molinos, sin embargo ante inminente agotamiento de las reservas actuales, no está de más considerar el recurso eólico de sitios con altas concentraciones de población para solventar en el futuro algunos requerimientos que pudieran presentarse.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue realizado gracias al apoyo del FOMIX Puebla, mediante el proyecto PUE-2004-C02-6.



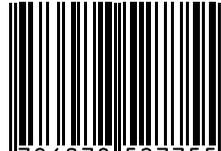
Red Nacional de Investigación Urbana

Universidad Autónoma de Yucatán
Facultad de Arquitectura

2018



ISBN 978-607-8527-75-5



9 786078 527755

