



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
ECOLOGÍA

DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE MALEZAS DE ACUERDO A LA ZONIFICACIÓN
TÉRMICA EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO.

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ROBERTO JAVIER GÓMEZ BERMEJO

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. FRANCISCO JAVIER ESPINOSA GARCÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM
COMITÉ TUTOR: DRA. ISABEL RAMÍREZ RAMÍREZ
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL, UNAM
TUTORA INVITADA: DRA. HEIKE VIBRANS LINDEMANN
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

CIUDAD DE MEXICO, MAYO, 2017



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
ECOLOGÍA

**DISTRIBUCIÓN Y COBERTURA DE MALEZAS DE ACUERDO A LA ZONIFICACIÓN
TÉRMICA EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ROBERTO JAVIER GÓMEZ BERMEJO

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. FRANCISCO JAVIER ESPINOSA GARCÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM
COMITÉ TUTOR: DRA. DRA. ISABEL RAMÍREZ RAMÍREZ
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL, UNAM
TUTORA INVITADA: DRA. HEIKE VIBRANS LINDEMANN
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

CIUDAD DE MEXICO, MAYO, 2017



Lic. Ivonne Ramirez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted, que el subcomité de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas, del Posgrado en Ciencias Biológicas, en su sesión ordinaria del día 23 de enero de 2017, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**, al alumno **GOMEZ BERMEJO ROBERTO JAVIER**, con número de cuenta 99574853, con la tesis titulada, "**Distribución y cobertura de malezas de acuerdo a la zonificación térmica en la ciudad de Morelia, Michoacán, México**", bajo la dirección del **Dr. Francisco Javier Espinosa García**, Tutor principal.

Presidente: Dr. José Luis Villaseñor Rios
Vocal: Dra. Silvia Castillo Argüero
Secretario: Dra. María Isabel Ramirez Ramirez
Suplente: Dr. Leonardo Osvaldo Alvarado Cárdenas
Suplente: Dra. Heike Dora Marie Vibrans Lindemann

Sin otro particular, quedo de usted.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 06 de abril de 2017

Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga
Coordinadora del Programa



AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada (CVU 385343).

A mi Tutor principal de Tesis:

Dr. Francisco Javier Espinosa García

A los miembros del Comité Tutorial:

Dr. Guillermo Ibarra Manríquez

Dra. Isabel Ramírez Ramírez,

Dra. Heike Vibrans Lindemann

AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

A mi tutor principal de Tesis:

Dr. Francisco Javier Espinosa García

A los miembros del Jurado: Dr. José Luis Villaseñor, Dra. Silvia Castillo Argüero, Dr. Leonardo Osvaldo Alvarado Cárdenas Dra. Isabel Ramírez Ramírez, Dra. Heike Vibrans Lindemann.

A los miembros del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM-Morelia: Yolanda García, Guadalupe Torres, Judith Sánchez, Ernesto Vega, Miguel Martínez

Por apoyarme en el trabajo de campo, de laboratorio y de gabinete, su ayuda y apoyo incondicional para la culminación de distintas partes de este trabajo.

A los miembros Instituto de Biología de la UNAM:

Mark Olson, Julieta Rosell, Laura Trejo, Angélica Cervantes, Esteban Martínez, Clara Ramos

Por apoyarme en el trabajo de gabinete, su ayuda y apoyo incondicional para la revisión en distintos momentos de este trabajo.

Índice

Resumen	x
Abstract	xi
Introducción General	1
Capítulo Uno “Zonificación térmica en la ciudad de Morelia, Michoacán”	5
I.1 Introducción	5
I.2 Objetivos	8
I.3 Método	9
I.4 Resultados	14
I.5 Discusión.....	19
I.6 Conclusiones	24
I.7 Literatura citada	25
Capítulo Dos: Origen y composición de malezas en la ciudad de Morelia, Michoacán.	30
II.1 Introducción.....	30
II.2 Objetivos.....	33
II.3 Método.....	34
II.4 Resultados.....	38
II.5 Discusión	46
II.6 Conclusiones.....	52
II.7 Literatura Citada	53
Capítulo Tres. Distribución y cobertura de malezas ruderales en las zonas térmicas de Morelia, Michoacán.	58
III.1 Introducción	58
III.2 Objetivos	60
III.3 Método	61
III.4 Resultados	64
III.5 Discusión.....	74
III.6 Conclusiones	78
III.7 Literatura citada.....	79
Discusión General	83
Conclusiones Generales	85
Bibliografía.....	86
ANEXO 1. “Sitios donde se registró temperatura y humedad relativa“	89
ANEXO 2. “Listado de especies”	90
ANEXO 3 “Características de los sitios de muestreo”	94

Lista de figuras y cuadros

Figuras

1	Topografía de la zona urbana de Morelia, Michoacán.	11
2	Imágenes de la banda 6H.	15
3	Imagen de la banda 6H (infrarrojo térmico).	17
4	Imagen satelital de Morelia.	17
5	Agrupación de los sitios por temperatura y humedad relativa.	19
6	Sitios identificables diferencias térmicas.	21
7	Sitios de estudio en la ZURAM.	36
8	Estimadores de acumulación de especies.	37
9	Estimador de acumulación de especie (Mao Tao) por zonas.	37
10	Familias de malezas ruderales encontradas en Morelia.	39
11	Familias florísticas de las malezas introducidas.	41
12	Forma, ciclo de vida y origen de las malezas introducidas.	43
13	Agrupación de los sitios con base en la incidencia de especies	64
14	Agrupación de los sitios con base en la cobertura de especies	65
15	Agrupación de los sitios por componentes principales	66
16	Agrupación de los sitios por discriminantes (cobertura).	67
17	Agrupación de los sitios por discriminantes (incidencia).	68
18	Agrupación por Escalamiento Multidimensional No Métrico de los sitios por especies	69
19	Curvas Rango-Abundancia, con base en la abundancia de especies para cada zona	71
20	Curvas Rango-Abundancia de especies de mayor abundancia.	71

Cuadros

1	Datos promedio y valores máximos y mínimos de temperatura y humedad.	18
2	Escala Braun-Blanquet.	32
3	Estimadores de riqueza de especies para los datos observados.	38
4	Origen, hábito y ciclo de vida de las especies introducidas.	42
5	Origen de las especies invasoras y presencia en las entidades federativas mexicanas	44
6	Comparación de la riqueza florística de malezas en diferentes áreas del Valle de Morelia, México.	45
7	Familias de malezas y su importancia	46
8	Géneros de malezas y su importancia	47
9	Estudios de vegetación ruderal en México.	48
10	Diferencias entre indicadores de diversidad florística entre zonas.	63
11	Diferencias edafológicas entre zonas con distinta zonificación térmica.	72

Resumen

Este estudio contribuye al entendimiento de la relación entre la temperatura y la distribución de malezas en un ambiente urbano, usando como modelo la ciudad de Morelia, Michoacán, México. Para determinar dicha relación, fue necesario establecer dos etapas previas en el presente trabajo. En la primera etapa, se identificó la distribución de la temperatura en las zonas urbanas de Morelia, con base en las imágenes de percepción remota y sensores térmicos colocados en diferentes sitios de la ciudad. En la segunda, ya identificadas las zonas con distinta temperatura, se muestreó la vegetación presente en estas zonas y se hizo el análisis florístico correspondiente. Finalmente, se analizaron los datos obtenidos sobre la vegetación en las distintas zonas térmicas, para determinar si estas se asocian a patrones florísticos particulares, y se compararon con otros estudios de flora urbana en México y el mundo. Se encontraron diferencias entre la zonificación térmica y la cobertura de las especies en diferentes partes de la ciudad. La distribución de la temperatura de Morelia, consideramos que estuvo más influida por el relieve que por la urbanización, por lo que persiste la ausencia de un efecto de “Isla de Calor Urbano”. En términos de diversidad de malezas, las zonas con mayor contraste térmico fueron muy similares. Sin embargo, la cobertura de especies fue distinta, lo que permitió distinguir ensambles de especies dominantes para cada una de las zonas.

Abstract

This study contributes to the understanding of the relationship between temperature and weed distribution in an urban environment using the city of Morelia, Michoacan, Mexico. To determine this relationship, it was necessary to establish two previous stages in the present work. In the first stage, the temperature distribution was identified in the urban areas of Morelia, based on the images of remote sensing and thermal sensors placed in different places of the city. In the second one, already identifying the zones with different temperature, the vegetation present in these zones was sampled and the corresponding floristic analysis was done. Finally, the data obtained on vegetation in the different thermal zones were analyzed to determine if these are associated with particular floristic patterns, and were compared with other studies of urban flora in Mexico and the world. Differences were found between thermal zoning and species coverage in different parts of the city. The distribution of the temperature of Morelia, we consider that it was more influenced by the relief than by the urbanization, reason why the absence of an effect of "Island of Urban Heat" persists. In terms of weed diversity, the areas with the highest thermal contrast were very similar. However, the species coverage was different, which allowed to distinguish assemblages of dominant species for each of the zones.

Introducción General

Las ciudades son el ejemplo más extremo de un ambiente transformado por el ser humano. En las ciudades habita actualmente más del 50% de la población total del mundo (3,500 millones de personas) y se espera que la población urbana del mundo se duplique a 6,200 millones en 2050 (ONU, 2012). Este incremento poblacional implica un creciente cambio de uso del suelo a urbano y múltiples actividades humanas. Se calcula que las zonas urbanizadas cubrirán 3,506,830 km², es decir cerca del 2% de la superficie terrestre (Liu *et al.*, 2014). En México, 22,940.50 km² han sido transformados a suelo urbano, lo que corresponde al 1% del territorio nacional (INEGI, 2010). La modificación de los ambientes por urbanización se produce de manera continua por su constante expansión, lo que repercute negativamente en los ecosistemas naturales y a las especies que los habitan (Ángel *et al.*, 2012). Por la franca expansión de los ecosistemas urbanos, el estudio de las interacciones de los organismos en las ciudades se vuelve prioritario (MacGregor *et al.*, 2011).

En los ambientes urbanos, las especies se distribuyen de forma distinta a la de cualquier ecosistema natural. Con el cambio de uso de suelo, las ciudades se vuelven hábitat y refugio de especies animales y vegetales de muy diferentes orígenes y hábitos (CANEI, 2010), en el caso de las plantas, a menudo son consideradas malezas. El término “malezas” se refiere a un grupo heterogéneo de especies vegetales, nativas o introducidas, que pertenecen a muy distintas familias florísticas y son consideradas como indicadoras de perturbación (De la Lanza *et al.*, 2011). Por su origen y el ambiente en el que se establecen, se clasifican de distintas maneras.

Por su origen, las malezas se consideran “nativas” cuando se encuentran presentes o registradas dentro de su área de distribución natural u original desde la época prehispánica. Se denominan “exóticas” o “introducidas” cuando su presencia es reciente en la región y se encuentran fuera de su área de distribución original. Algunas especies exóticas se consideran

“invasoras” debido a que su establecimiento y prosperidad en los ecosistemas naturales generan efectos negativos en la diversidad biológica nativa, el ambiente, la economía y la salud humana (DOF, 2010). De acuerdo al ambiente en el que se establecen, ya sea de forma espontánea o no, reciben distintos nombres. Son llamadas “arvenses”, si prosperan en y/o afectan campos de cultivo. Reciben el nombre de “ruderales”, si crecen y prosperan en los alrededores de viviendas o caminos (Richardson *et al.*, 2000).

En los ambientes naturales, se asume que la estructuración de las comunidades vegetales existe *a priori* (Grime, 1979). Sin embargo, la presencia de cultivos, especies de sucesión secundaria o la urbanización, implican una transformación o destrucción del paisaje nativo (Fahrig, 2003) que bien puede reflejar, más que un proceso natural, la actividad económica de una región (Naranjo y Dirzo, 2009). Para predecir la distribución de la vegetación asociada a la influencia antrópica, el uso de modelos basados en ambientes o biomas conservados (donde las variables como el suelo y fauna presente resultan determinantes) puede no ser lo más adecuado (Rapoport y López-Moreno, 1987).

Las malezas exóticas se introducen en las ciudades de diferentes maneras además de la diseminación natural: por vías de comunicación (marinas, terrestres y/o aéreas); como contaminaciones en bienes comerciales; debido a la recolonización por algunas especies pre-existentes en la región y/o por introducción intencional por floristas o aficionados (CANEI, 2010). Esta forma de llegada contrasta fuertemente con las formas y alcances naturales de dispersión de estos organismos (Benvenuti, 2004). Una mayor demanda de productos del exterior asociada al crecimiento de las ciudades, se traduce en un mayor ingreso y selección de malezas, que pueden presentar adaptaciones a las nuevas restricciones ambientales de las ciudades (Grime, 1979), como una menor exposición solar, una reducida cantidad de nutrientes, una menor disponibilidad de agua o una mayor temperatura (Arnfield, 2003).

El interés en la relación entre el ambiente urbano y las especies ruderales, radica en entender a qué se debe la presencia de algunas de estas especies fuera de su distribución geográfica original, que pueden significar desde solo refugiarse o un cambio de distribución, hasta una potencial invasión y amenaza para la diversidad biológica, la economía y la salud pública global (CDB, 2009). Pocos estudios de la ecología vegetal urbana han buscado la relación entre la distribución de la temperatura y la diversidad o la cobertura de las especies ruderales presentes, sean nativas o no. Para las malezas, tanto exóticas como nativas, la temperatura puede ser un factor determinante para su establecimiento (Puga *et al.*, 2011). Tradicionalmente, los estudios sobre floras ruderales se han limitado en hacer listados e identificar su origen geográfico (Vibrans, 2003).

Por otro lado, existen numerosos estudios que se enfocan en examinar la distribución de la temperatura en las ciudades en relación al tipo de uso de suelo y/o al tamaño de las mismas (Arnfield, 2003). Estos estudios que muestran que, en los ambientes urbanos, existen zonas, áreas o sitios que presentan diferencias de temperatura con respecto a otras cercanas. Cuando se observa una elevada temperatura entre la ciudad y las áreas periurbanas o rurales aledañas, se denomina efecto de “Isla de Calor Urbano”, ya que las ciudades suelen tener una temperatura mayor que los ambientes naturales. En estos estudios, no se considera el papel del componente biótico de ninguna manera (Ángel *et al.*, 2012). Esto da como resultado que la relación entre la distribución de las zonas térmicas en las ciudades y el de la vegetación establecida, aunque se encuentran íntimamente e inegablemente vinculadas (Weng *et al.*, 2004), se estudian de forma separada (Rapoport *et al.*, 1983; Vibrans, 2003). Esto dificulta el entendimiento de la relación entre la diversidad de especies vegetales presentes y las temperaturas de una ciudad.

La temperatura y su variación son factores muy importantes en la persistencia de muchas especies en el ambiente, en especial para las plantas. Se ha postulado que las ciudades, debido al efecto de ICU, podrían servir de refugio a malezas, nativas o exóticas, propias de áreas más cálidas, en lugar de las áreas circundantes a las urbes (Rapoport *et al.*, 1983). Por lo que determinar cuáles son las especies que pueden prosperar en las ciudades y cuáles no, ayudaría a entender si la influencia de la temperatura juega un papel trascendental en la dinámica de colonización y establecimiento de malezas en ambientes urbanos, y el posible papel de las ciudades como fuente de propágulos capaces de colonizar ambientes rurales o naturales en escenarios de cambio global cuando se eleve la temperatura (IPCC, 2007).

Este estudio contribuye al entendimiento de la relación entre la zonificación térmica de una ciudad y la vegetación urbana, usando como modelo Morelia, Michoacán. Se determinó la relación entre la temperatura y la distribución de las malezas en un ambiente urbano, en tres etapas. En el Capítulo 1 se describen cómo se identificaron los regímenes térmicos presentes, con base en las imágenes de percepción remota y sensores colocados en diferentes sitios de la ciudad. En el Capítulo 2 se describe cómo se muestreó la vegetación presente en las zonas térmicas de la ciudad de Morelia y su análisis florístico correspondiente, mediante su comparación con otros estudios de flora urbana en México y el mundo. Finalmente, en el Capítulo 3, se prueba la hipótesis que postula que las zonas térmicas determinan la diversidad y composición de su flora ruderal.

Capítulo Uno “Zonificación térmica en la ciudad de Morelia, Michoacán”.

Resumen

Las ciudades constituyen el más claro ejemplo de un ambiente artificial perturbado. Los cambios microclimáticos presentes en las ciudades varían de forma muy contrastante en la matriz urbana. Uno de los efectos más evidentes es el incremento de calor en el ambiente urbano. Este efecto donde la temperatura de la ciudad es mayor que en las áreas rurales aledañas se denomina “Isla de Calor Urbana” (ICU). Estos cambios se dependen de la ubicación, extensión y cantidad de habitantes presentes en las zonas urbanas. Para verificar si esta situación ocurre en Morelia, Mich, utilizamos imágenes de percepción remota LandSat 7 ETM con la banda 6 (10.4-12.5 μm) para esta región de los años comprendidos del 2000 al 2003. Para corroborar la zonificación térmica detectada en las imágenes satelitales, se utilizaron 26 sensores hidrotérmicos que se colocaron baldios de estas zonas detectadas. Los resultados indican que el efecto de ICU en Morelia no es evidente. El mayor contraste de temperatura fue de 1°C y ocurrió en el periodo de invierno. La zona que presenta mayor temperatura se ubica al noroeste de la ciudad y la de menor temperatura al sureste. Los sitios con mayor temperatura se encontraban asociados con fábricas y predios con suelos sin cobertura vegetal y los sitios con menor temperatura coincidían con áreas forestales. Los factores por los que el efecto de ICU no es evidente puede deberse a al relieve y amplias zonas verdes presentes dentro de la ciudad.

I.1 Introducción

El clima está influido principalmente por la precipitación, la altitud, la latitud. La distribución espacial de variables climáticas, como la temperatura, en ecosistemas naturales o urbanos, se estudian debido a su importancia en la planeación y ordenamiento territorial (Rapoport *et al.*, 1983). Esta distribución se obtiene principalmente por medio de imágenes de percepción remota y estaciones meteorológicas (Arnfield, 2003).

La creación y expansión de ciudades y regiones metropolitanas dan lugar al reemplazo y modificación de los componentes del paisaje (Fahrig, 2003). El crecimiento de las áreas urbanas se relaciona con el aumento de la población, la perturbación y de la transformación de los ambientes naturales cercanos (Ángel *et al.*, 2012). Estos cambios influyen en toda biota presente (Rapoport y López-Moreno, 1987). En las ciudades, además de la perturbación constante, los organismos están restringidos y expuestos a variables condiciones ambientales (precipitación, temperatura y viento), demográficas (cantidad, distribución y densidad de los habitantes),

topográficas (orientación, altitud, latitud y relieve), arquitectónicas (edificaciones, pavimento y construcciones) y a los cambios de uso del suelo (Arnfield, 2003). Estas características hacen que las ciudades sean consideradas “ecosistemas novedosos” con gran heterogeneidad y diversidad de microambientes (Marzluff, 2008).

Se considera área urbana a una superficie que presenta en más del 60% de su extensión construcciones habitacionales, de producción, de uso público (incluyendo obras como calles pavimentadas, centros de salud, de cultura), y también infraestructura relacionada con servicios (como agua, drenaje y/o electricidad) a la población (generalmente más de 50,000 habitantes), comercio o industria (Nduka y Abdulhamed, 2011). En estas condiciones, el primer elemento que se reduce drásticamente es el suelo, un elemento clave en los ambientes naturales.

El suelo, que es un componente ambiental poroso, retiene humedad y puede tener una cobertura vegetal característica. Durante el proceso de urbanización, el suelo es sustituido por superficies sólidas impermeables que tienen distintas propiedades térmicas que difieren por mucho de las de los suelos de ecosistemas naturales (Ángel et al., 2012).

En las ciudades, el pavimento y la densidad de las edificaciones, se caracterizan por un bajo albedo, alta impermeabilidad y por generar variación de la distribución de las temperaturas mensuales durante el año (Arnfield, 2003). La conformación y la heterogeneidad de los espacios y las estructuras urbanas generan una modificación importante en los flujos de energía a micro y mesoescala (10^1 - 10^3 m y 10^3 - 10^4 m, respectivamente) y en la temperatura de cualquier edificación con respecto a su entorno (Campbell, 2002). Todas estas características promueven que las ciudades presenten heterogeneidad en sus microclimas, que son muy distintos a los que se presentan en los ambientes naturales aledaños (Landsberg, 1981).

Dentro de los fenómenos climáticos urbanos, destaca el efecto de Isla de Calor Urbano (ICU), que es la diferencia de temperatura media mensual observada entre el centro de las ciudades y

sus áreas aledañas; típicamente la ciudad es más caliente que las áreas periurbanas, al menos en invierno. La temperatura media mensual es mayor en las ciudades debido a la arquitectura y predominio de algunos materiales (cemento, metal y pavimento) en las construcciones presentes (edificaciones, banquetas y calles) que conducen el calor hasta tres veces más rápidamente que un suelo natural (Arnfield, 2006). Se han documentado que muchas áreas urbanas en México y el mundo presentan temperaturas elevadas en comparación con su periferia o entorno rural aledaño, por ejemplo las ciudades de Guadalajara, Toluca y la Ciudad de México (Jáuregui *et al.*, 1992; Jáuregui, 1997; Morales *et al.*, 2008).

Esto, además de estar relacionado con el clima regional, se debe principalmente a dos causas intrínsecas de la ciudad: 1) al reemplazo de los componentes naturales del ambiente, como es la sustitución del suelo y la vegetación por pavimento y edificios; y 2) a la dinámica energética, generada por motores de combustión, aparatos eléctricos y el movimiento de materiales y del aire dentro de las ciudades (Landsberg, 1981). Arrau y Peña (2011) definen Isla de Calor como la presencia de cualquier área más caliente que su paisaje circundante. También distinguen distintos tipos: “Isla de Calor Urbano” (ICU), “Isla de Calor Urbano Superficial” (ICUS), “Micro Islas de Calor Urbanas” (MICU) e “Isla Fría de Calor Negativo”. El efecto de ICU se refiere a la significativa elevación de la temperatura ambiental experimentado en cualquier zona urbanizada. Se considera ICUS a la que se observa mediante el uso de datos de infrarrojo térmico que permiten recuperar temperaturas de la superficie de la tierra. Las MICU se refieren a los puntos calientes urbanos. Las “Islas Frías o de Calor Negativo” ocurren cuando el centro de una ciudad es más frío que sus alrededores.

La magnitud y forma de la distribución de la temperatura de una ciudad, es propio de cada urbe debido a que ésta varía de acuerdo a distintos factores (Rapoport y López-Moreno, 1987). Hay un conocimiento relativamente menor sobre las ICU en ciudades pequeñas o medianas, ya

que por lo general no representan un riesgo para el ser humano o el medio ambiente. Las ICU se han estudiado en las últimas décadas principalmente en zonas urbanas influidas por una amplia gama de climas y paisajes. Por ejemplo, en ciudades templadas, la temperatura se ha relacionado principalmente con el uso del suelo, la arquitectura o la demografía, tanto en Asia (Yang *et al.*, 2010; Memon *et al.*, 2011) como en Europa (Pinho y Manso, 2000, y Knight *et al.*, 2010). En ciudades tropicales y subtropicales (Bigirimana *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2010) se considera que este tipo de estudios son aún insuficientes para demostrar este efecto ya que en las ciudades tropicales se caracterizan asentamientos y calles con poca vegetación, contrario a las ciudades de latitudes medias o templadas que si tienen mayor vegetación (Oke *et al.*, 1991)

Estudiar la temperatura y su variación en una ciudad tropical de altura en México, como lo es Morelia, Michoacán, son aspectos que no se habían descrito anteriormente. Valle-Díaz *et al.* (2009) y otros supusieron la existencia de una ICU en Morelia, pero no lo probaron, por lo que su existencia debe ser corroborada describiendo su magnitud, forma y orientación.

Hipótesis

La zonificación térmica en la ciudad de Morelia es consistente con un efecto de Isla de Calor Urbano (ICU).

Predicción

En Morelia encontraremos mayores temperaturas dentro de la ciudad que en la periferia aledaña

I.2 Objetivos

Determinar si Morelia presenta una zonificación térmica consistente con una Isla de Calor Urbano.

I.3 Método

Área de estudio

El área de trabajo comprende la zona urbana y periurbana de Morelia (ZUPM), Michoacán, México. Desde su fundación como Valladolid en 1541, la ciudad de Morelia, Michoacán, ha mantenido un crecimiento urbano lento (López-Granados, 1999). En aquel tiempo sólo abarcaba lo que hoy es el Centro Histórico. En la década post-revolucionaria de 1920 comenzaron a establecerse las primeras colonias al este y sur de Morelia (Vargas, 2006). En la década de 1940, la zona urbana creció más con dirección a las colonias rurales cercanas y se ha ido duplicando su extensión cada 15 años. Durante la década de 1980, debido a la crisis económica y al terremoto de 1985, Morelia creció hasta ser una ciudad “media” con cerca de medio millón de habitantes (Vargas, 2006). Actualmente tiene una población de 730,000 habitantes y ocupa cerca de 90 km² (INEGI, 2010).

Morelia se encuentra localizada entre las coordenadas geográficas 19° 39' y 19° 44'N y 101° 08' y 101° 15'O. Su elevación promedio es de 1940 m. Esta región forma parte de la cuenca del Lago de Cuitzeo, sus principales ríos son el Grande y el Chiquito. Estos dos ríos, que rodean la ciudad, tienen gran parte de su cauce dentro de Morelia. El clima es templado con lluvias en verano (clasificación climática de Köppen: Cwb), con una precipitación promedio anual de 770 mm. Las mayores lluvias ocurren de junio a septiembre, junio es el mes de mayor precipitación media con 96 mm. La temperatura media mensual oscila entre 14°C y 23°C, registrándose las temperaturas menores de noviembre a febrero y las mayores de abril a junio.

La ZUPM presenta un relieve donde se encuentran principalmente tres unidades geomorfológicas: piedemonte, lomeríos y colinas (López-Granados, 1999). Dentro del área existen varias fallas geológicas, entre las que destacan dos, potencialmente sísmicas (López-Granados, 1999). Dichas fallas son responsables de la formación de la loma sobre la cual se ha

construido la ciudad colonial de Morelia (Garduño-Monroy *et al.*, 2001), así como del desnivel (200 m) entre la Mesa de Santa María y la Loma de Morelia (Fig. 1).

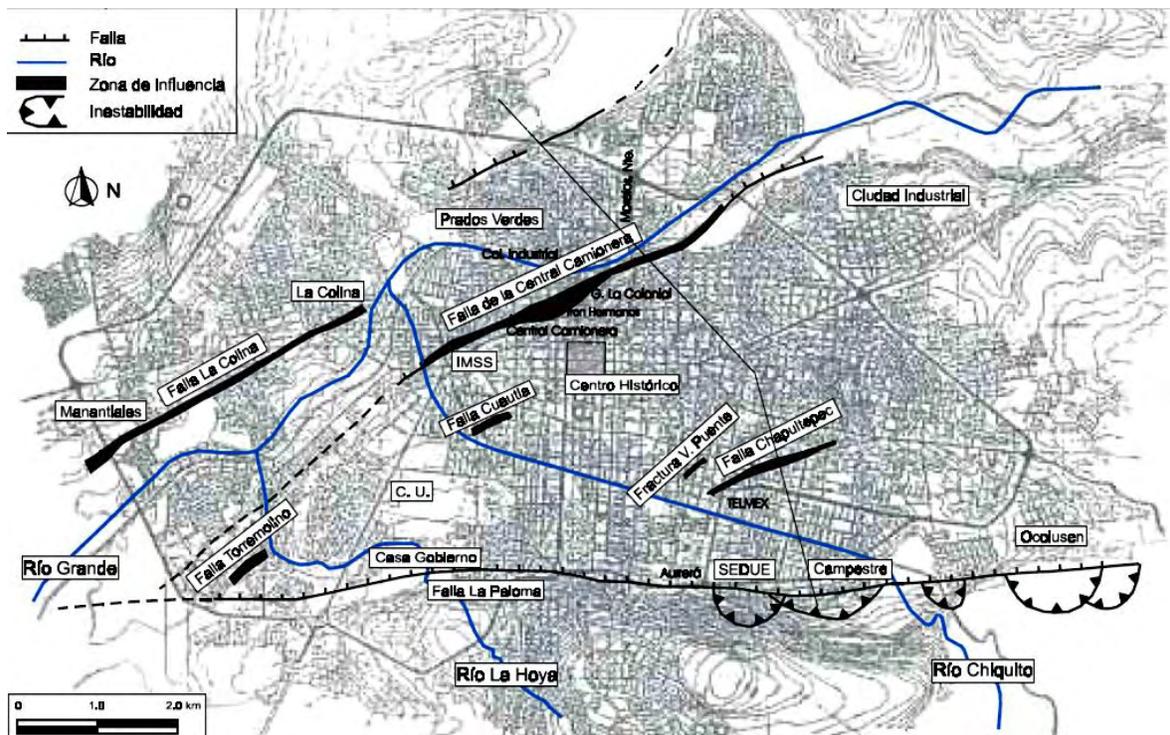


Figura 1. Topografía de la zona urbana de Morelia, Michoacán. El valle de Morelia se encuentra delimitado al noroeste por el cerro de Quinceo y al sureste por falla “La Paloma” (tomada y modificada de Garduño-Monroy *et al.*, 2001).

Zonificación térmica

Se denominan zonas térmicas a las áreas o regiones climáticas, geográficas o biogeográficas, uniformes de acuerdo con su temperatura media mensual o anual (Nduka y Abdulhamed, 2011). El efecto de ICU es un fenómeno, persistente o estacional, que se estudia por percepción remota mediante imágenes de satélites y el uso de estaciones meteorológicas. Con estas tecnologías ha sido posible estudiar el efecto de ICU de forma directa y a distancia en distintas ciudades en Europa y Asia a escala local (Weng *et al.*, 2004) y regional (Oke *et al.*, 1999). Estas mismas técnicas contribuyen con el estudio del cambio climático a nivel mundial (IPCC, 2007).

Para estudiar y comprender las formas en que los elementos de la superficie urbana influyen en el clima urbano, la escala es fundamental. Algunos estudios de percepción remota han reportado diferencias significativas entre la temperatura del aire y la temperatura de la superficie (Arnfield, 2003). Nuestro estudio se enfocó a analizar la distribución de las zonas térmicas que influyen en la biota presente en la ciudad de Morelia, Michoacán, México por lo que se procedió a medir la temperatura de dos formas complementarias. Para documentar esta zonificación de la ciudad, y determinar si existe la presencia del efecto de ICU, utilizamos tanto imágenes térmicas satelitales como sensores hidrotérmicos. Por un lado las imágenes satelitales describen potenciales zonas térmicas, pero al ser imágenes de un instante de tiempo, no es posible verificar si los contrastes de temperatura que se encontraban en el momento en que se tomó la misma o si se mantienen por un mayor periodo de tiempo. Es por esto que se decidió corroborar esta diferencia térmica en los sitios con una potencial diferencia con sensores térmicos en sitios dentro de las potenciales zonas térmicas.

Zonificación por imágenes térmicas

La atmósfera puede afectar la naturaleza de las imágenes de sensores remotos de diferentes formas. Los efectos atmosféricos pueden ser sustanciales, por lo que se ofrecen varios enfoques para la corrección atmosférica. Las imágenes de percepción remota que se utilizaron en esta investigación pertenecen a días que presentaron una atmósfera muy clara por la mañana (9:00 AM, aproximadamente).

Para el área de estudio se utilizaron todas las imágenes disponibles de Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), con la banda 6 (10.4-12.5 μm) para esta región. Estas imágenes tienen una resolución suficiente para distinguir la radiación de avenidas, centros urbanos, plazas y áreas verdes existentes. Las imágenes térmicas de Landsat 7 generalmente están bien calibradas con los datos reales de tierra (Arvidson, 2002). Se ha encontrado una estrecha relación

entre las temperaturas del aire y las temperaturas de la superficie de la tierra, por lo que son un indicador fiable para detectar dónde posiblemente se presenta este efecto la ICU (Arrau y Peña, 2011).

Las imágenes de Landsat 7 que se seleccionaron fueron las que estaban disponibles en el servidor y que abarcaban todo el valle de Morelia (Fila / Ruta: 26/48 y 27/48) y más recientes, comprendidas entre los meses de 2000 y 2012. Las imágenes con un nivel de calidad 1G, lo que significa imágenes ya corregidas de distorsiones radiométricas y geométricas, fueron adquiridas a través del Servicio Geológico de Estados Unidos (United States Geological Survey). La banda 6, que corresponde al infrarrojo térmico de ETM +, que tiene una resolución espacial de 60 m. Las zonas térmicas se hacen más evidentes cuando los valores de temperatura y humedad son más extremos, en particular durante el invierno (Arnfield, 2003; Oke *et al.*, 1991). Las diferencias de temperatura en grados centígrados fueron derivadas y corregidas a partir de la calibración del valor radiométrico de las imágenes de la banda 6 (TIR, 10.44 a 12.42 Am) por medio del software IDRISI Kilimanjaro.

Validación de zonificación con sensores

Aunque algunos estudios han reportado similitudes entre los patrones espaciales de temperatura del aire y la temperatura de la superficie detectada remotamente, la mayoría sugiere diferencias significativas (Arnfield, 2003). Para corroborar la zonificación térmica detectada en las imágenes satelitales, se utilizaron 26 sensores hidrotérmicos micro-T marca NexSens (DS1923 Logger). Con ellos se para registraron las fluctuaciones de las variables ambientales de temperatura y humedad en baldíos y orillas de camino dentro de las zonas térmicas potenciales (Anexo 1). Estos sensores se distribuyeron en las tres zonas térmicas que se evidenciaron en las imágenes satelitales durante el periodo de invierno. Los hidrotermómetros registraron cada hora la temperatura y humedad relativa durante el periodo del 25 de enero al 15 de abril del 2012, que es

el periodo donde mayor contraste en temperatura se observaba en el área. Se ubicaron en los sitios de muestreo sobre una estaca de madera con orientación al norte a una altura de 2 m del suelo sobre un árbol o un muro.

Análisis de datos

Con los datos obtenidos por los hidrotérmetros (temperatura y humedad relativa) de las zonas cálidas, medias, y frías, se hizo un análisis de varianzas, con los datos por cada hora de temperatura (mínimas, promedios, máximas, así como mayores a 35 °C, 40 °C y 45 °C y menores a: 10 °C, 5 °C y 0 °C) y humedad relativa (mínimos, promedios, máximos, así como porcentajes de más de: 35%, 40% y 45% y de menos de 10%, 5% y 0%), para evaluar si existían diferencias significativas entre las zonas y los sitios de muestreo. Se hizo también un análisis de conglomerados (CU) mediante el programa PAST (Hammer *et al*, 2001) para saber si los datos de los hidrotérmetros, agrupaban a los sitios de acuerdo a las zonas térmicas identificadas.

I.4 Resultados

Imágenes térmicas

En las imágenes de la ZUPM se observaron áreas de la ciudad que presentaron diferencia de temperatura de hasta 20 °C en enero (invierno), comparado con mayo (Fig. 2).

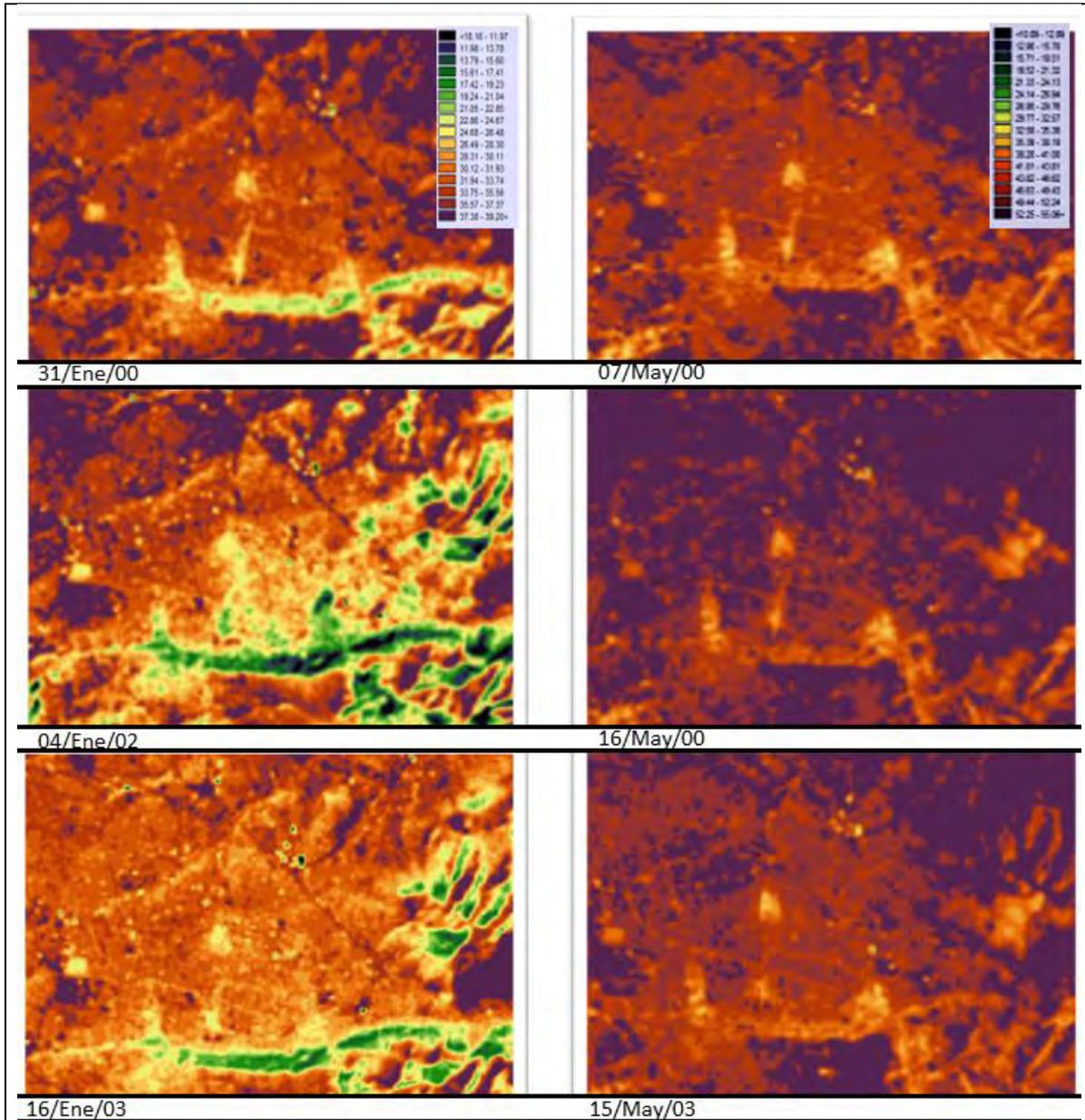


Figura 2. Zonificaciones detectadas por imágenes de la banda 6H. En las imágenes de Landsat 7 disponibles del área de estudio entre el 2000 y el 2003, en los meses de enero (primera columna) y mayo (segunda columna). Se aprecian de distintos colores las temperaturas: azul (12-16°C), verde (16-22°C), amarillo (22-28°C), naranja (28-36°C) y purpura (36-40°C).

La mayor cantidad de sitios muy cálidos estaban asociados con fábricas y predios con suelos sin vegetación, como son el campus principal de la Universidad y las laderas del cerro del Quinceo. A esta zona se le denominó “zona caliente” (ZC). A la zona donde se registraron las menores temperaturas se le denominó “zona fría” (ZF). Las partes de la ciudad que no presentaron las temperaturas máximas o mínimas, fueron consideradas “zonas intermedias” (ZM). Las temperaturas diarias más extremas, tanto máximas como mínimas, corresponden a los meses de mayo y enero, respectivamente (Fig. 2).

En las imágenes se distingue una tendencia de menor a mayor temperatura con dirección sureste-noroeste en el área de estudio. Esta distribución de temperatura no coincide con un efecto de ICU, ya que en este fenómeno urbano no hay una sola dirección de mayor a menor, sino que es concéntrica, donde las mayores temperaturas se encuentran al centro y disminuyen hacia la periferia (Fig. 3). Se aprecia que en el área urbana de Morelia, a pesar de su heterogeneidad en la distribución de la temperatura, las temperaturas del centro de la ciudad y de las áreas periurbanas y rurales aledañas tienen valores similares e incluso, en algunas partes del centro urbano, tienen menor temperatura (Bosque Cuauhtémoc) que en las zonas periurbanas.

Tanto al centro de la ciudad, como en las áreas aledañas, se forman mosaicos de temperatura. A escala de colonias o parques, se evidenciaron, algunos sitios “cálidos” (puntos rojos) o “fríos” (puntos verdes) que dentro de la ZUPM (Fig. 3) implican distintos usos del suelo (Fig. 4). Los valores menores en temperatura se encuentran cerca del Club de Golf de Morelia (donde la falla de “La Paloma” alcanza su mayor desnivel) y las áreas verdes públicas de la ciudad (Planetario, el Zoológico y el Bosque Cuauhtémoc). La temperatura empieza elevarse a partir del Centro Histórico de Morelia, y se mantiene de manera homogénea en todo el centro urbano (ZM). Los puntos fríos disminuyen y comienzan a aparecer los puntos más cálidos (ZC), conforme se sigue dirección al noreste (Fig. 3).

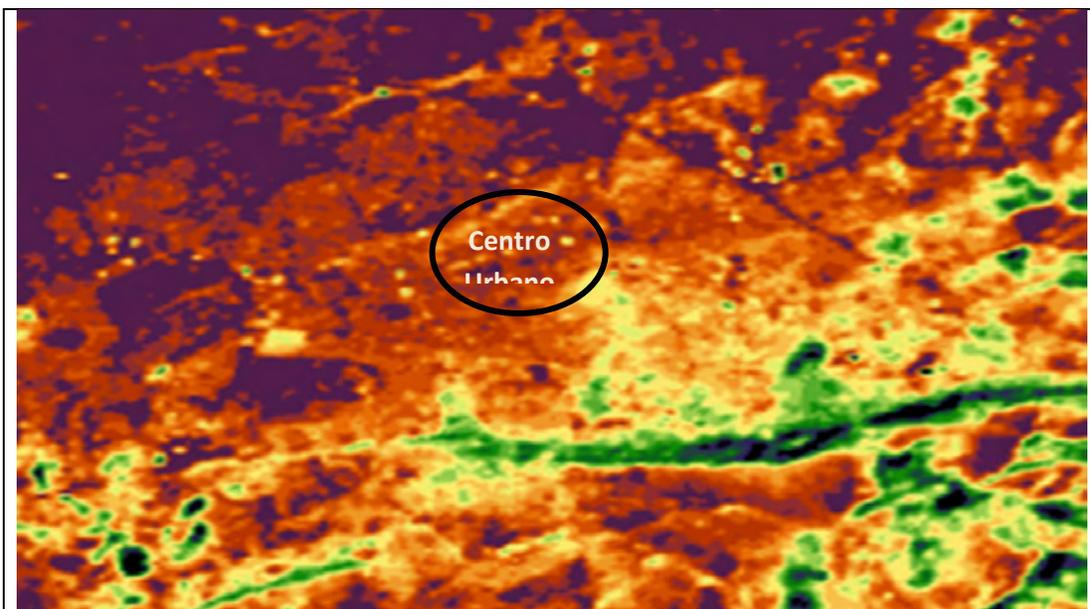


Figura 3. Imagen de la banda 6H (infrarrojo térmico). Se puede apreciar el efecto de temperatura en el área de estudio. A nivel local se aprecian puntos cálidos (claros) y fríos (oscuros) de la ZUPM.

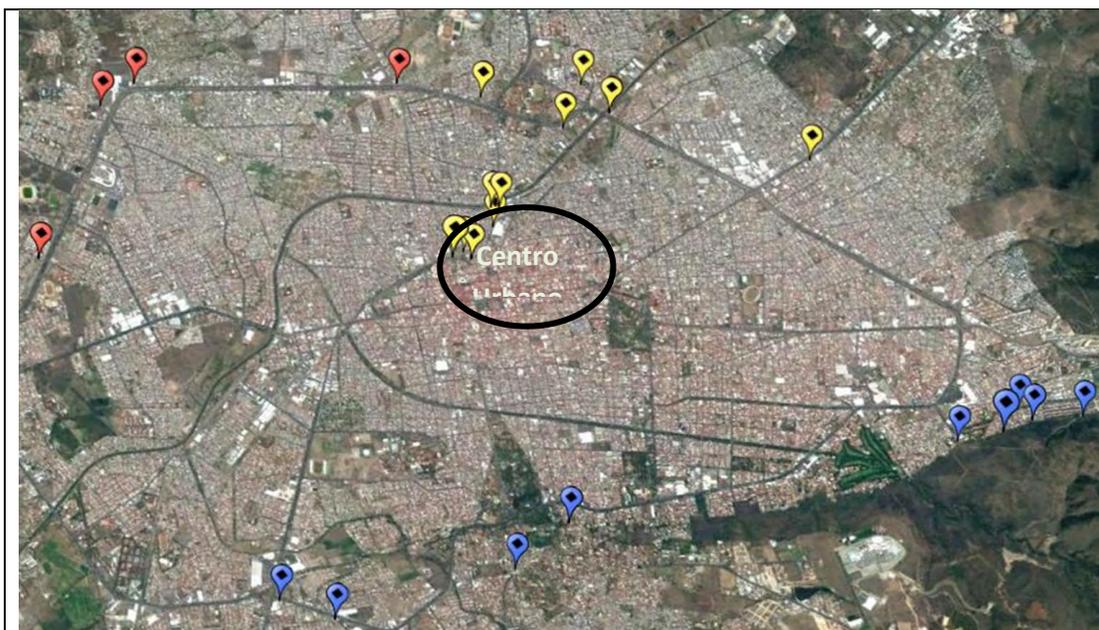


Figura 4. Sitios con sensores hidrotermicos. (Google Earth). Las marcas corresponden a los sitios donde se colocaron los hidrotérmetros que coinciden con las tres zonas: fría (ZF, azules), media (ZI, amarillos) y cálida (ZC, rojos).

Hidrotermómetros

Para el periodo de estudio, no se corroboraron las diferencias en temperatura entre la zona urbana y las áreas periurbanas observadas en un principio por las imágenes térmicas (Fig. 3), ya que la mayor diferencia detectada fue de un grado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos promedio y valores máximos y mínimos de temperatura y humedad de los hidrotermómetros colocados en los sitios durante 50 días de invierno (25 de enero al 15 de marzo) para cada zona. La mayor parte de las horas de los días en este periodo invernal se mantuvieron entre los 17 °C y los 19 °C. La temperatura alcanzo por algunas horas valores menores a 5 °C, en solamente dos ocasiones (02/08/12 y 03/21/12). Igualmente, las temperaturas extremas mayores a los 35 °C se obtuvieron durante dos días durante la primera semana de marzo (03/01/12 y 03/15/12).

	Temperatura (°C)			Humedad (%)		
	ZF	ZM	ZC	ZF	ZM	ZC
Mínima	3.6	4.9	4.2	7	8	7
Promedio	17.6	18.7	18.4	53.7	51.6	50.6
Máxima	36.5	38.3	38.3	100	100	100

Aunque el promedio no difirió significativamente, para el número de horas en que la temperatura fue de 10 °C y 15 °C, la ZF difiere significativamente de la ZM y también de la ZC, aunque en menor grado. Con respecto a la humedad, ZM y ZC son muy similares, la zona que destaca es ZF, que presenta 2% más con respecto al promedio y la máxima de humedad ambiental presente (Cuadro 1). Los análisis de varianza (ANOVA) indicaron las zonas ZC y ZM como muy similares, pero si diferían de ZF significativamente con respecto a la temperatura promedio ($F_{(2,22)} = 8.729$, $p = 0.001$), en las temperaturas de 10 °C ($F_{(2,22)} = 16.6$, $p < 0.001$) y 15 °C ($F_{(2,22)} = 6.407$, $p = 0.006$).

Con respecto a la humedad, se encontró también que las ZC y ZM no eran muy distintas, solo la ZF presentó diferencia significativa. El mayor contraste es entre la ZF y la ZC tanto en el promedio ($F_{(2,22)} = 5.185$, $p = 0.013$) como en porcentajes de humedad relativa superiores a 40% ($F_{(2,22)} = 4.169$, $p = 0.028$).

Confirmadas las diferencias significativas entre los sitios, mediante un análisis de conglomerados para saber si los sitios se agrupaban de forma consistente (Fig. 5).

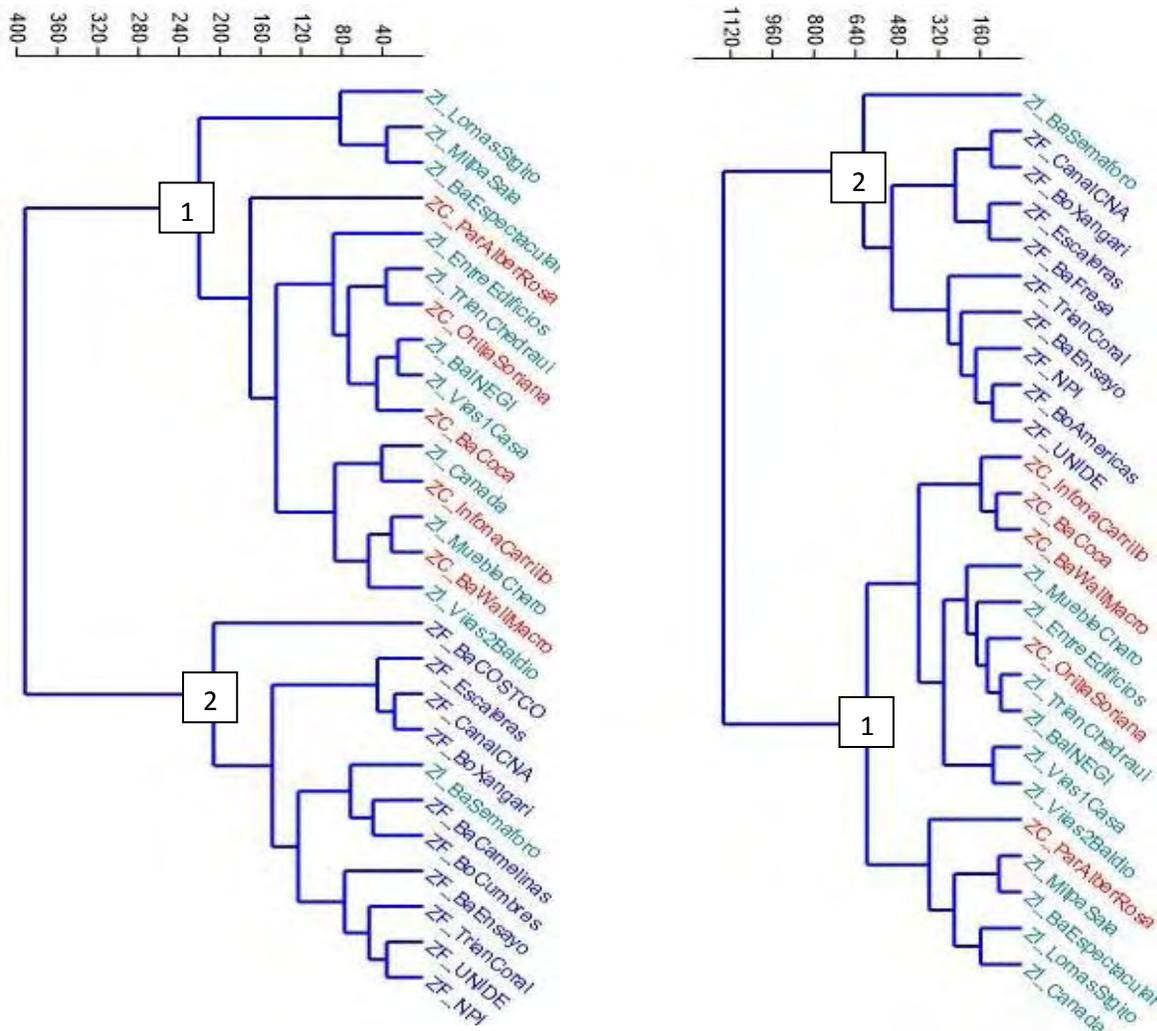


Figura 5. Agrupación de los sitios por temperatura y humedad relativa. A partir de los datos promedio por día registrados en cada zona se hizo un análisis de agrupación (UWPGA/Euclidiana). Se puede apreciar que, tanto para temperatura como para humedad, quedan agrupados todos los sitios que corresponden a la zona fría (1) y los sitios de la zona cálida y media se mezclan (2).

Con el análisis de conglomerados se encontró que solo los sitios de la zona fría se agrupaban de forma consistente. Esto confirma las diferencias significativas encontradas en los ANOVAS, pues se presentó tanto en la temperatura como en la humedad. Con los sitios de las zonas ZM y ZC no se mostró agrupación alguna, pues estaban entremezclados (Fig. 5).

I.5 Discusión

Isla de calor en Morelia, ¿hay o no?

En varios puntos se detectan diferencias de temperatura, aunque las altas temperaturas no están agrupadas al centro de la ciudad, por lo que no concuerdan con el fenómeno de “Isla de Calor Urbano” (Fig. 6). Estudiar la distribución de la temperatura, y probar mediante sensores hidrotérmicos si se presenta el efecto de ICU en una ciudad tropical de altura en México, como lo es Morelia, Michoacán, son aspectos que no se habían descrito anteriormente. Valle-Díaz y colaboradores (2009) infirieron la existencia de la ICU en Morelia por la comparación de la temperatura entre pocas estaciones y durante pocos días (Morales *et al.*, 2008). No confirmaron, ni midieron la elevación de temperaturas, ni la orientación, ni la forma concéntrica característica de la ICU (León, 1998; Vargas, 2006). Estos trabajos, más que validar la existencia de una ICU, confirman diferencias térmicas de distintas zonas del valle de Morelia. Estas diferencias también son evidentes mediante el uso de las imágenes de infrarrojo térmico, y corroborados con sensores hidrotermicos en este trabajo.

Tomando estrictamente la definición de ICU, en la ciudad de Morelia no hay evidencia de que exista una “Isla de Calor”, ya que incluso tiene partes frías al centro de la urbe en comparación con otras cálidas encontradas en la periferia. Si una “Isla de Calor” urbano existiera en Morelia, se esperaría que hubiera un centro cálido rodeado de una banda de temperatura intermedia que a su vez estuviera rodeada de otra banda de temperatura más baja, pero no es así. No se encontró ese patrón de centro caliente y periferia fría. En la ZUPM, se encontraron puntos y zonas calientes, intermedias y frías, incluso en ocasiones entremezcladas.

En Morelia no existe evidencia de presencia de una “Isla de Calor”, y tampoco encontramos evidencia de existir una “Isla de Calor Negativa” o “Isla Fría” (Arrau y Peña, 2011). Lo que sí se

puede apreciar en la ZUPM, fue la identificación de puntos de calor, es decir “Micro Islas de Calor Urbanas” (MICU). Las MICU resultaron ser puntos calientes urbanos, como estacionamientos, techos no reflectantes y avenidas pavimentadas, en general, sitios con poca o nula vegetación (Fig. 7). Para el caso de Morelia, Michoacán, más que hablar de “Isla de Calor” o “Isla Fría”, es más adecuado hablar de abundancia de zonas o puntos cálidos “Micro Islas de Calor Urbano”, o bien de puntos fríos “Micro Islas Frías Urbanas”. Sean de calor o frío, hay pocas referencias acerca de este fenómeno de “Micro Islas” (Arrau y Peña, 2011; Sproken-Smith y Oke, 2011).

El efecto de “Isla de Calor” en Morelia, probablemente no se pudo encontrar por tres razones principales: el relieve, los parques públicos existentes y el tamaño de la ciudad. El relieve de la ciudad disminuye la aparición del efecto de ICU, ya que en ciudades en costa o planicies este efecto es más evidente por el calor retenido en la humedad ambiental (Morales *et al.*, 2008). Para el caso de Morelia, la heterogeneidad topográfica originada por la falla geológica “La Paloma”, que alcanza un desnivel de hasta 200 m, produce un efecto de ladera al sur de la ciudad, inhibiendo el avance residencial por la pendiente y al mismo tiempo provee de sombra que contribuye a la reducción de la temperatura al sur de la ciudad (López-Granados, 1999) Los datos espaciales de la zona cálida presentan mayor altitud y se encuentra más alejada de la ciudad, lo que es contrario a esperado en la ICU donde una mayor altitud y lejanía lleva a temperaturas más bajas (Fig. 4).

Para el caso de Morelia, la menor temperatura registrada por las imágenes térmicas coincide con sitios cercanos a las áreas verdes insertas en la ciudad (Fig.6). En estas áreas no está mezclada la vegetación en la matriz urbana, ya que, por no existir patios o traspatios con vegetación de forma generalizada, no ocurre que las bajas temperaturas sean de áreas habitables, como puede ocurrir en áreas de suburbios, residenciales y/o campestres (Zhang *et al.*, 2009).

Aunque se ha reportado la existencia de ICU en ciudades menores de 10 km² (Pinho y Manso, 2000), el efecto de ICU es más evidente en las ciudades de más de 500 km² (Morales et al., 2008). Posiblemente el efecto de ICU en Morelia tampoco se manifestó porque la extensión de ciudad es de apenas 90 km², aunque el relieve y la distribución de las áreas verdes parecen más determinantes en la ausencia de la ICU. Además, los estudios sobre el efecto ICU se han hecho en ciudades ubicadas en altiplanicies, con mayor extensión urbana (Jáuregui, 2005) o con climas templados, mediterráneos o costeros (Yang et al., 2010; Zhang et al., 2010; Memon et al., 2011).

La detección de la temperatura en las zonas urbanas

La forma de estimar la temperatura de la superficie por percepción remota está fuertemente influida por la vegetación presente en la matriz del área de estudio (Oke *et al.*, 1999; Zhang *et al.*, 2009). Aunque los materiales de las construcciones y el uso del suelo en las ciudades tiene una relación muy directa con la zonificación térmica (Voogt y Oke, 2003; Zhang *et al.*, 2010), para el caso de Morelia, esto no parece ser así, ya que el uso de suelo (residencial y comercial) fue similar en las tres zonas (López-Granados, 1999).

Además, las zonas térmicas detectadas por imágenes de percepción remota suelen presentar mayor intensidad y variabilidad durante el día (Spronken-Smith y Oke, 1998). En estas imágenes térmicas, los caminos y las áreas horizontales abiertas están sobremuestreados y las superficies verticales no (Arnfield, 2003). Este sesgo, por el tipo de sensor y ángulo de inclinación, favorece el reconocimiento de la temperatura a nivel de suelo en áreas urbanas en un instante, por lo que se considera más adecuado evaluarlas por medio de sensores térmicos en campo por más tiempo. La ventaja del uso de sensores térmicos es que permite detectar la temperatura real a nivel del suelo con mayor precisión durante un periodo mayor de tiempo (Nduka y Abdulhamed, 2011). Su desventaja es que está muy influido por las características microambientales, principalmente

por las superficies adyacentes y, para un estudio urbano, se requieren en gran cantidad (Pinho y Manso, 2000), a menos de que se usen para validar la información obtenida por percepción remota, como fue hecho en este estudio.

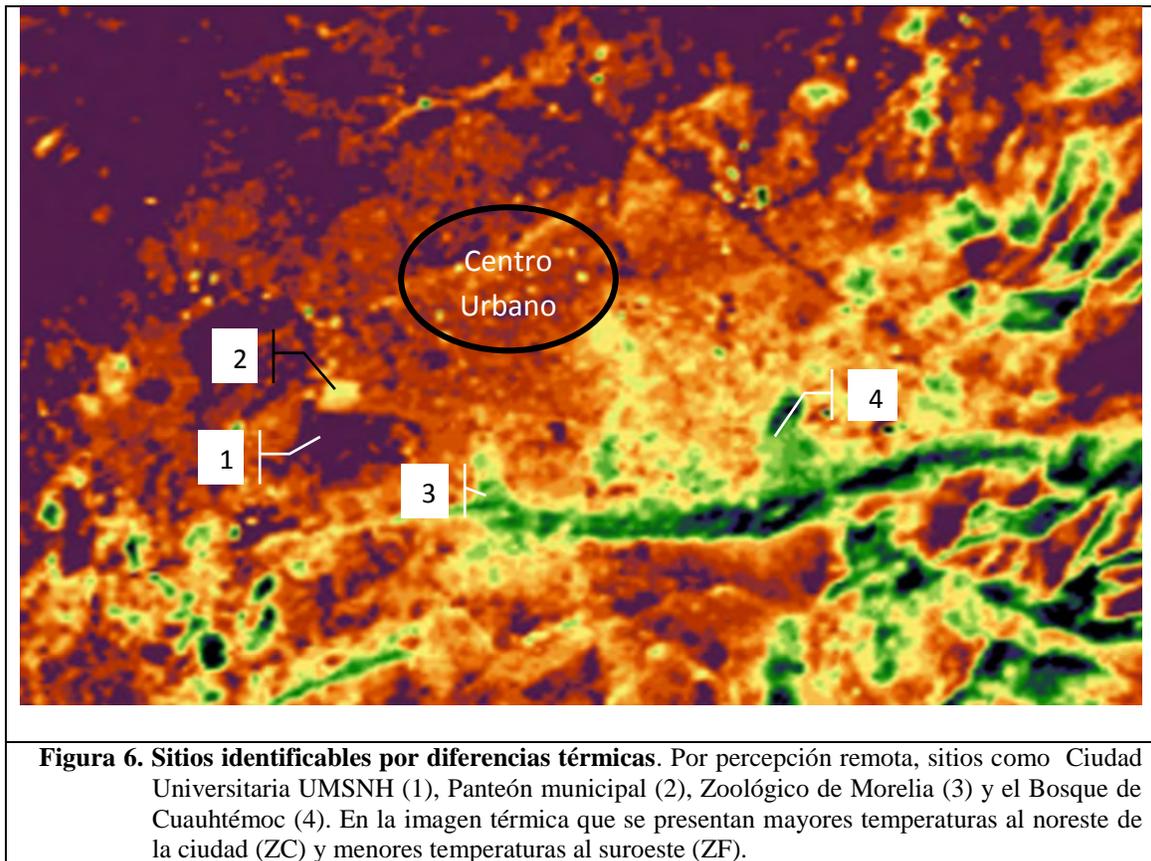
La mayoría de los trabajos de ICU se apoyan en datos de pocas estaciones meteorológicas (Jauregui, 1997; Memon et al., 2011) y en el modelado de los mismos (Kershaw *et al.*, 2008; Morales *et al.*, 2008). Pocos estudios de climatología urbana, o de ICU, se realizan por medio de imágenes térmicas (Yang *et al.*, 2010) y aún menos con validación por medio de sensores térmicos en campo (Knight *et al.*, 2010). Consideramos que el uso de sensores de temperatura en los sitios de estudio para corroborar las zonas térmicas detectadas por imágenes térmicas, valido y cuantifico la diferencia térmica en las zonas detectadas (Sproken-Smith y Oke, 2011).

Zonas térmicas en Morelia

El uso del suelo en las ciudades se relaciona directamente con la zonificación térmica (Voogt y Oke, 2003; Zhang et al., 2010). Sin embargo, en nuestro estudio, aparentemente esa variable no determinó las zonas térmicas de Morelia, pues el uso de suelo (residencial y comercial) es similar en las tres zonas térmicas identificadas (López-Granados, 1999). Valle- Díaz y colaboradores (2009) consideran que los vientos provenientes del suroeste y la altitud pueden influir en la temperatura de la ZUPM, pero nuestros sitios de muestreo presentan poca diferencia de altitud y en el invierno los vientos apenas son 4-6km/hr, cuando en el verano son más intensos (Valle- Díaz *et al.*, 2009). Más aún en verano no hubo diferencias térmicas entre las zonas de muestreo (Fig. 2).

La zona térmica que mejor se distinguió fue la fría (ZF), en menor grado, la intermedia y cálida (ZM y ZC). Estas diferencias en la zonificación térmica son principalmente en invierno, ya que en las imágenes remotas no se percibió mayor contraste para las demás estaciones (Fig.

2). Las distintas áreas de Morelia forman un mosaico de temperaturas en toda la urbe. Las zonas distinguibles con diferentes temperaturas son variadas, con extensiones entre 30 y 500 m², lo que indica que el efecto de puntos cálidos o fríos parece estar restringido a las dimensiones de un parque, fábrica o cuerpo de agua (Fig. 6).



Las menores temperaturas y mayor humedad que presentaron ZF, que comprende la parte sur donde se encuentran las partes forestadas de la ciudad, como son: el Planetario, el Zoológico, el Club de Golf Campestre Morelia y la Loma de Santa María y es posible que estas diferencias se deban al relieve y a la cercanía con áreas forestadas públicas (López-Granados, 1999). Esta situación se presenta en otras ciudades del país como Toluca (Jáuregui, 2005) y Malinalco (Martínez-De La Cruz, 2010) y el mundo (Sproken-Smith y Oke, 2011).

La desigual y heterogénea distribución de la temperatura en las zonas urbanas puede tener implicaciones significativas en la interpretación y estimación del comportamiento térmico o la pérdida de calor en la ciudad (Arnfield, 2003). Los presupuestos de energía medidos y en el diseño de estudios de flujo basados en torres. Los extremos térmicos que caracterizan las estaciones de invierno y verano, son amortiguados por los distintos componentes urbanos presentes. De no existir esta diversidad térmica, por una cuestión sinérgica, una mayor oscilación térmica podría generar mayores daños en la infraestructura urbana e inhibir el desarrollo de especies poco tolerantes o con poca capacidad de enfrentar estas restricciones ambientales exacerbadas.

De continuar la expansión urbana en Morelia., mediante el reemplazo o reducción de áreas verdes públicas, o el predominio algún tipo de infraestructura, podrán disminuir las condiciones de heterogeneidad térmica y aumentar las condiciones para que el efecto de ICU se manifieste

I.6 Conclusiones

1. La ciudad de Morelia, Michoacán, .no es posible distinguir un efecto de Isla de Calor Urbano (ICU). La zonificación térmica no es concéntrica y el centro de la urbe no difiere significativamente en la temperatura con respecto a las áreas periurbanas.
2. La zonificación térmica en Morelia presenta un mosaico de temperaturas dentro del área urbana, y el mayor contraste de temperatura en la zona de estudio se presentó en invierno.
3. Las partes de la ciudad donde se presentaron las más bajas temperaturas están asociadas a áreas forestales, al suroeste y laderas orientadas al norte y con pendientes de más de 45 grados.

I.7 Literatura citada

- Ángel, S., Parent, J., Civco, D. L. y Blei, A. M. (2012). *Atlas of Urban Expansion*, Cambridge MA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Arnfield, A. (2003). “Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island”. En *International Journal of Climatology*, 23: 1-26.
- Arrau, C. P., y Peña, M. A. (2011). The urban heat island (UHI) effect. Disponible en: <http://www.urbanheatlands.com/> Accesado en junio del 2016.
- Arvidson, T. (2002). Personal Correspondence, Landsat 7 Senior Systems Engineer. Landsat Project Science Office, Goddard Space Flight Center, Washington, DC.
- Benvenuti S. (2004). “Weed dynamics in the Mediterranean urban ecosystem: ecology, biodiversity and management”. En *Weed Research*, 44: 341-354.
- Bigirimana, J., Bogaerta, J., De Cannierea, C., Lejolya, J. y Parmentierc, I. (2011). “Alien plant species dominate the vegetation in a city of Sub-Saharan Africa”. En *Landscape and Urban Planning*, 100: 251–267.
- Campbell, J. (2002). *Introduction to Remote Sensing*. New York. The Guilford Press.
- CANEI (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras). (2010). *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Conabio, Conanp, Semarnat. México.
- CDB (Convenio sobre Diversidad Biológica). (2009). *Conferencia de las Partes COP 6, Decisión VI/22: Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies*. Convenio sobre Diversidad Biológica.
- De la Lanza-Espino, G., S. Hernández-Pulido y J. L. Carbajal-Pérez (compiladores). 2011. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Plaza y Valdés Editores, México, D. F. 643 p.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2010). “Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la LGEEPA y de la LGVS”. En *Diario Oficial de la Federación*, 6 de abril de 2010.

- EPA (Environment Protection Agency). (2008). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*, 1: 1-29.
- Fahrig, L. (2003). "Effects of habitat fragmentation on biodiversity". En *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487- 515.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Serie de Libros 6. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Grime J. P. (1979). *Plant strategies and vegetation process*. Chichester, New York: John Wiley.
- Hammer, Ø., Harper, D. y Ryan, P. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis (PAST). *Palaeontologia Electrónica*, 4(1): 9.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*, Marco Geoestadístico 5.0.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report*. Cambridge University, Cambridge, Reino Unido.
- Jáuregui, E. (2005). "Possible impact of urbanization on the thermal climate of some large cities in Mexico". En *Atmósfera*, 18: 249-252.
- Jáuregui, E., Godinez, L. y Cruz F. (1992). "Aspects of heat-island development in Guadalajara, Mexico". En *Atmospheric Environment*, 26(3): 391- 396.
- Jáuregui, E. (1997). "Heat island development in Mexico City". En *Atmospheric Environment*, 31 (22): 3821-3831.
- Landsberg, H. E. (1981). *The Urban Climate*. Academic Press: New York.
- Loeb, R. (2006). "Comparative Flora of Large Urban Parks: Intraurban and Interurban Similarity in the Megalopolis of the Northeastern United States". En *Journal of the Torrey Botanical Society*, 133 (4): 601-625.
- León, C. (1998). *Evaluación climático-ambiental del espacio urbano de Morelia, periodo 1941–1990*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Liu, Z., He, C., Zhou, Y. y Wu J. (2014). “How much of the world’s land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion”. En *Landscape Ecology*, 29: 763-771.
- López-Granados, E. (1999). *Cambio de uso de suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia*. (Tesis de Grado para Maestría en Ciencias). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- MacGregor, I. Morales-Pérez, L. y Schondube, J. E. (2011). “Does size really matter? Species-area relationships in human settlements”. En *Diversity and Distributions*, 17: 112-121.
- Martínez-De La Cruz, I. E. (2010). *Flora y vegetación ruderal de Malinalco, Estado de México*. (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Marzluff, J. (2008). *Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature*. Springer, Estados Unidos.
- Memon, R., Leung, D. Liu, C y Leung, M. (2011). “Urban heat island and its effect on the cooling and heating demands in urban and suburban areas of Hong Kong”. En *Theoretical and Applied Climatology*, 103: 441–450.
- Morales, C., Madrigal, D. y González, L. (2008). “Isla de calor en Toluca, México”. En *Ciencia Ergo Sum*, 14: 307-316.
- Naranjo, E. J. y Dirzo, R. (2009). “Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna”. En Dirzo, R., González, R., y March, I. J. (comps.). *Capital Natural de México. Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México. Pp. 247-276.
- Nduka, I. y Abdulhamed, A. (2011). “Classifying Urban Climate Field Sites by ‘Thermal Climate Zones’”. En *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 3: 75-80.
- Oke T., Taesler, R. y Olsson L. E. (1991). “The Tropical Urban Climate Experiment (TRUCE)”. En *Energy and Buildings*, 16: 67-73.
- Oke, T., Spronken-Smith, R., Jauregui, E, y Grimmond, C. (1999). “The energy balance of central México City during the dry season”. En *Atmospheric Environment*, 33: 3919-3930.

- ONU (Organización de Naciones Unidas). (2012). *World Urbanization Prospects, the 2011 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division*. New York.
- Pinho, O. y Manso, M. (2000). “The urban heat island in a small city in coastal Portugal”. En *International Journal of Biometeorology*, 44: 198-203.
- Rapoport, E. y López-Moreno, I. (1987). *Aportes a la ecología urbana de la ciudad de México*. Limusa. México.
- Rapoport, E., Díaz-Betancourt, M. y López-Moreno, I. (1983). *Aspectos de la ecología urbana en la ciudad de México: flora de las calles y baldíos*. Limusa. México.
- Richardson, D., Pysek, P., Rejmánek, M., Barbour, M., Panetta, D. y West, C. (2000). “Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions”. *Diversity and Distributions*, 6: 93-107.
- Valle-Díaz, O., Blanco-García, A., Bonfil, C., Paz, H. y Linding-Cisneros, R. (2009). “Altitudinal range shift detected through seedling survival of *Ceiba aesculifolia* in an area under the influence of an urban heat island”. En *Forest Ecology and Management*, 258: 1511-1515.
- Vargas, G. (1994). “El crecimiento urbano-territorial de Morelia”. En *Ciencia Nicolaita*, 7: 24-49.
- Vargas, G. (2006). “Cambios del entorno ecológico de Valladolid-Morelia: Una perspectiva desde la historia ambiental”. En Tapia, E. C., Vargas, G. U. (eds.). *El impacto del desarrollo urbano en los recursos naturales*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Vibrans, H. (1998). “Urban weeds of Mexico City. Floristic composition and important families”. En *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica*, 69: 37-69.
- Vibrans, H. (2003). “Notas sobre neófitas 3. Distribución de algunas Brassicaceae de reciente introducción en el centro de México”. En *Acta Botánica Mexicana*, 63: 83-96.
- Weng, Q., Lu, D. y Schubring, J. (2004). “Estimation of land surface temperature –vegetation abundance relationship for urban heat island studies”. En *Remote Sensing of Environment*, 89: 467-483.

- Yang, J., Gong, P., Zhou, J., Huang H., y Wang, L. (2010). “Detection of the urban heat island in Beijing using HJ-1B satellite imagery”. En *Science China, Earth Sciences*, 53: 67-73.
- Zhang, X., Zhong, T., Feng, X., y Wang, K. (2009). “Estimation of the relationship between vegetation patches and urban land surface temperature with remote sensing”. En *International Journal of Remote Sensing*, 30: 2105-2118.
- Zhang, K., Wang, R., Shen, C. y Da, L. (2010). “Temporal and spatial characteristics of the urban heat island during rapid urbanization in Shanghai, China”. En *Environment Monitory Assessment*, 169: 101–112.

Capítulo Dos: Origen y composición de malezas en la ciudad de Morelia, Michoacán.

Resumen

La importación intencional o accidental de organismos en las ciudades puede aumentar la probabilidad de que especies exóticas e invasoras prosperen y se establezcan en hábitats urbanos. Si las especies introducidas tienen un papel dominante y ocasionan la pérdida de especies nativas dentro de las ciudades, podría implicar que está ocurriendo una homogeneización biótica, pudiendo transformar drásticamente los ecosistemas cercanos. Para determinar el origen y la distribución de las especies vegetales en un ambiente urbano se muestreó la vegetación ruderal presente en la ciudad de Morelia y se hizo su análisis florístico correspondiente. Se encontraron **135** especies de **106** géneros pertenecientes a **33** familias conformando la flora ruderal de Morelia, Mich. La mayor parte de las especies en el área de estudio son nativas y pertenecen a las familias Poaceae y Asteraceae. Solamente 35 especies son exóticas, de las cuales once son consideradas invasoras, por lo que la hipótesis de la homogeneización de la flora ruderal no es apoyada con los datos de la ciudad de Morelia, Michoacán.

II.1 Introducción

Las principales actividades humanas que transforman y ocupan grandes extensiones de superficie terrestre son la agricultura, la ganadería y la urbanización (IPCC, 2007). Estas actividades promueven la introducción y establecimiento de especies vegetales resistentes a la perturbación, denominadas malezas, que poseen adaptaciones a estos hábitats intensamente modificados, como son el campo (arvenses) y las ciudades (ruderales), por todo el mundo (Richardson *et al.*, 2000). Dada la expansión de las ciudades por todo el planeta, se ha propuesto que está ocurriendo una homogeneización en las especies urbanas (McKinney, 2006), debido a que las condiciones urbanas se vuelven un filtro que solo permiten establecerse y prosperar a especies vegetales distintas a la flora de malezas arvenses (Rapoport *et al.*, 1983). A pesar de tan adversas condiciones, se ha encontrado una gran diversidad de malezas en varias ciudades de México (Vibrans, 1998; Díaz-Betancourt, 1999; Martínez-De La Cruz, 2010).

Las ciudades son sitios de ingreso, establecimiento y dispersión de especies exóticas. En las ciudades se ingresan, almacenan, consumen y exportan mercancías mediante vehículos aéreos,

marinos y terrestres, lo que promueve el tráfico de productos agropecuarios entre muy diversas regiones. Esto ocasiona que los puertos y ciudades sean sitios de entrada de malezas exóticas y plagas en muchos países (Rapoport *et al.*, 1983). La importación de organismos, intencional o accidental, puede aumentar la probabilidad de que algunas especies se refugien en los hábitats urbanos, albergando así igual o mayor cantidad de plantas tolerantes a la perturbación que en el paisaje circundante (Liang, *et al.*, 2008; McKinney, 2006; Schwartz *et al.*, 2006; Vibrans, 1998).

Una vez que estas especies se establecen en los ambientes urbanos, las ciudades se vuelven fuentes potenciales de propágulos, que pueden colonizar otros ambientes rurales o urbanos, fuera de la distribución de origen de dichas especies. Así, los propágulos y semillas de especies exóticas problemáticas pueden introducirse, diseminarse y colonizar ambientes durante el trayecto y la descarga de mercancías ubicados en las ciudades (Rapoport *et al.*, 1983).

Las malezas exóticas pueden contribuir benéficamente al aumento de la cobertura vegetal y a la conservación del suelo, pero algunas de éstas pueden transformar drásticamente los ecosistemas naturales y modificarlos. Si se demuestra que las especies introducidas tienen un papel dominante y ocasionan la pérdida de especies nativas, podría implicar que está ocurriendo una homogeneización biótica (McKinney, 2006; Olden *et al.*, 2004). La presencia de especies exóticas en un ambiente urbano es de importancia debido a los potenciales impactos que pueden causar en ecosistemas cercanos. Algunas malezas exóticas, consideradas “invasoras”, pueden generar cambios en la estructura y composición de las comunidades bióticas, reducir la diversidad genética de las poblaciones locales, así como aumentar la transmisión de enfermedades en poblaciones de especies nativas (CANEI, 2010). Estos cambios pueden afectar el suelo, el agua, o la estructura trófica en los ecosistemas naturales o transformados, como es el caso del *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (el lirio acuático), *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle (la hydrilla), *Salvinia molesta* D.Mitch. (la oreja de ratón), *Tamarix ramosissima* Ledeb. (el pino

salado) y *Arundo donax* L. (el carrizo gigante) que constituyen un grave problema en México (CANEI, 2010). Es por esto que es necesario conocer la composición de las malezas ruderales, estudiar su origen, forma de vida y las causas que determinan sus patrones de distribución y cobertura al momento de refugiarse y prosperar en ambientes transformados como son las ciudades (Vié *et al.*, 2009).

Los estudios sobre la composición fitogeográfica de malezas ruderales en México son de unas cuantas ciudades donde predominan especies nativas. En la Ciudad de México, Rapoport *et al.* (1983) obtuvieron 564 especies de malezas, en un estudio posterior de Díaz-Bentancourt (1999) encontró 317 especies, mientras que Vibrans (1998) encontró que en la parte central de la zona metropolitana existe una pobreza relativa de especies silvestres, comparado con otras regiones templadas. En el caso de Malinalco, una ciudad pequeña que pertenece a una zona con alta diversidad y endemismos de plantas vasculares, Martínez-De la Cruz *et al.* (2015) encontraron 125 especies ruderales. El estudio de Garcillán *et al.* (2009) en Ensenada, que forma parte de un corredor costero urbano comunicado con California, Estados Unidos, se encontraron 158 especies de plantas, donde la mayoría eran especies exóticas, cuestión que sugiere que ahí si esté ocurriendo una homogenización biótica.

Conocer la composición, origen, proporción y patrones de distribución de la vegetación ruderal, en una ciudad mediana como Morelia, Michoacán, ayudará a comprender la ecología y los posibles efectos de estos ensambles de especies al momento de ir prosperando en ambientes con alta perturbación. Si se encuentran especies exóticas de ambientes cálidos, podría indicar que las ciudades sirven de refugio y pueden servir como fuente de inóculo de esas especies, si hay cambios en los regímenes de perturbación en las zonas adyacentes (Lippe y Kowarik, 2008; Rooney, 2005), o con el aumento de temperatura por el cambio climático (IPCC, 2007).

Como parte de este trabajo, para determinar la influencia de la temperatura en malezas urbanas, se hizo un estudio florístico de las malezas de la zona urbana y periurbana de la ciudad de Morelia, Michoacán. Existen estudios florísticos sobre la flora del Valle de Morelia, la mayoría de estos trabajos se centran en especies arvenses (Chávez-Carbajal y Guevara-Fefer, 2003; Chavez *et al.* 2010; Lara, 2012; Sánchez-Blanco y Guevara-Fefer, 2013), pero hay pocos estudios sobre malezas ruderales, en especial en la ciudad de Morelia y en sus alrededores, que solo han considerado plantas de uso medicinal (Vázquez, 1997), gramíneas (Oseguera, 1987) y especies que crecen en construcciones deterioradas del Centro Histórico de Morelia (Santillán, 1995). Estudiar la composición y origen de la flora ruderal en una ciudad tropical de altura en México, como lo es Morelia, Michoacán, son aspectos que no se habían descrito anteriormente.

Hipótesis

En la flora ruderal en la ciudad de Morelia ocurre un proceso de homogenización biótica.

Predicción

En Morelia encontraremos poca diversidad florística y en su mayoría serán especies introducidas.

II.2 Objetivos

Generales

Identificar las especies ruderales en Morelia, Michoacán, y determinar su origen geográfico.

Determinar la importancia de la contribución de cada especie en la vegetación ruderal urbana, en términos de su distribución, cobertura, y su origen geográfico.

II.3 Método

Para determinar la composición florística implicó la caracterización de la incidencia y cobertura de las especies ruderales en 89 sitios de muestreo ubicados en zonas térmicas de la ciudad de Morelia (Anexo 3). En cada uno de ellos se realizaron relevés y se determinó si el número de sitios era una muestra representativa de la vegetación ruderal de Morelia, para, posteriormente, analizar los datos y así determinar qué patrones se observaron en la distribución de malezas.

Área de estudio

El área de trabajo comprende la zona urbana y periurbana de Morelia (ZUPM), Michoacán, México. Morelia se localiza entre las coordenadas geográficas 19° 39' y 19° 44'N y 101° 08' y 101° 15'O. Su elevación promedio es de 1940 m. Esta región forma parte de la cuenca del Lago de Cuitzeo, siendo sus principales ríos el Grande y el Chiquito. El clima de esta ciudad es templado corresponde con la clasificación climática de Köppen "Cwb", y tiene una precipitación promedio anual de 770 mm. Para el municipio de Morelia se han reportado hasta diez tipos de vegetación o agrupaciones vegetales primarias: mezquital, matorral subtropical, bosque de encino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de oyamel, bosque mesófilo de montaña, selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y bosque de galería (Madrigal-Sanchez, X. y Gómez-Peralta, 2007), sin embargo, por la urbanización y extensión territorial para uso agrícola y pastoreo, solo quedan áreas reducidas de estos tipos de vegetación (López-Granados, 1999). La vegetación secundaria se vuelve cada vez más predominante en la zona urbana y periurbana de Morelia (ZUPM). Es común encontrar malezas en zonas urbanas, llamadas ruderales (Santillan, 1995), así como las presentes en zonas agrícolas de la cuenca de Cuitzeo, denominadas arvenses (Chávez-Carbajal y Guevara-Féfer, 2003; Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer, 2013).

Muestreo de vegetación

Se hizo un muestreo estratificado en los sitios identificados con distinta zonificación termica. Los 89 sitios seleccionados fueron baldíos y orillas de caminos (Anexo 3), que tenían de libre acceso, sin usos aparentes y cercanos a rutas de transporte público y avenidas principales (Figura 7). En cada sitio se tomó la identidad, incidencia y cobertura para cada especie vegetal. Se utilizaron las escalas del método relevé para estimar incidencia y cobertura.

El relevé es un método fitosociológico que analiza la vegetación desde el punto de vista de su composición florística; donde se da prioridad a la identificación de las especies de plantas y la cobertura que tiene en la parcela (baldío). Se eligió el uso de los *relevés* por considerarlo más adecuado para estimar la composición de las malezas ruderales y sus variables (Vibrans, 1998). La cobertura se estima usando la escala de Braun-Blanquet, en la que se se asocia una categoría para cada intervalo de porcentaje de cobertura (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Escala Braun-Blanquet de cobertura en el área del terreno del relevé.

Categoría	Cuando el porcentaje de cobertura de especies
5	Sea entre el 75% y el 100%
4	Sea entre el 50% y el 75%
3	Sea entre el 25% y el 50%
2	Sea entre el 5% y el 25%
1	Sea menor al 5%

Con este método se obtuvieron, para cada uno de los sitios con malezas, los datos de incidencia, porcentaje de cobertura y diversidad de malezas. El muestreo de malezas se realizó durante octubre del 2011 a marzo del 2012.

En todos los sitios se registraron y recolectaron muestras de las especies de plantas vasculares presentes (espontáneas y/o escapadas de cultivo). Para cada especie se anotó también su forma de vida a partir de la ubicación de sus meristemas principales. Si las plantas proyectan yemas de renuevo a +/- 25 cm por encima del suelo se consideran de hábito fanerófito; si se encuentran, cerca del suelo, caméfitos; si se quedan en la superficie del suelo, sean postrados o en rizomas, son hemicriptófitos; y si se encuentran totalmente cubiertos bajo tierra, son criptófitos (Anexo 2).

Para determinar si el esfuerzo de colecta fue adecuado, se usaron los índices de Mao-Tao, Chao 1 y 2, e ICE (Incidence Coverage-based Estimator) obtenidos con el programa EstimateS 8.2 (Colwell, 2005) el cual calcula la riqueza promedio de muestras aleatorias de abundancia creciente de individuos. Con este programa se aleatorizaron los datos (1000 veces para poder reducir los sesgos producidos por el método) y se obtuvieron los valores para las especies observadas y especies esperadas de cada sitio para la temporada.

Para determinar si los datos obtenidos de los 89 sitios eran representativos de la riqueza de malezas, se utilizó el método de las curvas de acumulación de especies. Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual se estabilizará en una asíntota (Escalante, 2003). Se comparó la riqueza específica mediante curvas de rarefacción, que permiten estimar la riqueza de especies esperadas a un mismo nivel de abundancia con el programa EstimateS 8.2 (Colwell, 2005).

Identificación de especies

Se identificaron las especies recolectadas con los manuales de malezas del Bajío (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004), de Querétaro (Suarez *et al.*, 2004) y del Valle de México (Espinosa-García y Sarukhán, 1997). También se utilizó la Flora del Bajío (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2004), Flora Fanerogámica del Valle de México (Rzedowski y Rzedowski, 2001) y el catálogo de malezas de México (Villaseñor y Espinosa-García, 1998), así como el de las Gramíneas de México (COTECOCA, 1985). Una vez identificadas, se cotejaron en el Herbario Nacional (MEXU) donde se validó la correcta identidad de la especie (Anexo 2).

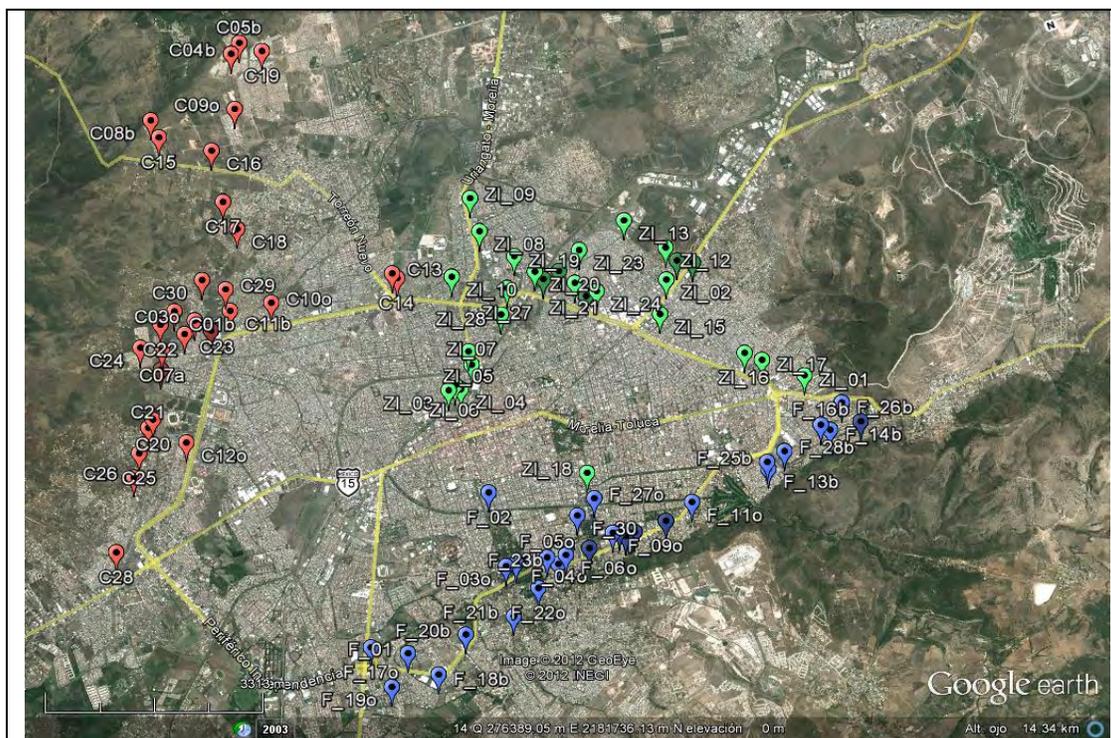


Figura 7. Sitios de estudio en la zona urbana y periurbana de Morelia. Se ubicaron 89 sitios cubriendo las zonas que presentaron diferencias en temperatura promedio mensual (Invierno): fría (azules), intermedia (verdes) y cálida (rojos).

II.4 Resultados

Esfuerzo de muestreo de especies

Los estimadores de esfuerzo de muestreo ICE y Chao 2 fueron los que mejor se ajustaron a nuestros datos de incidencia de especies en el estudio (Fig. 8).

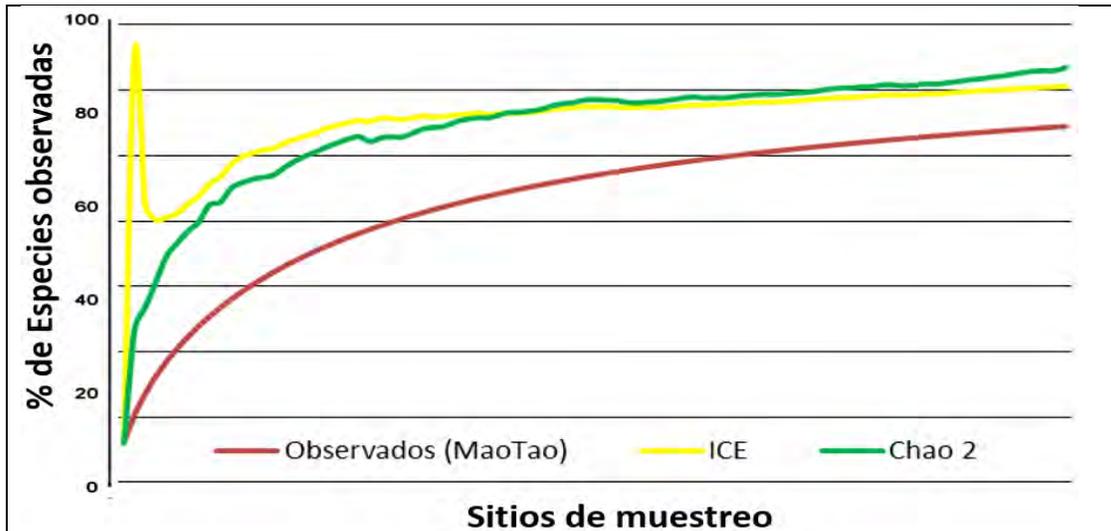


Figura 8.- Estimadores de acumulación de especies. Los valores del estimador se acercan a la asíntota de la curva de la gráfica, por lo que se considera que fue un adecuado muestreo.

En general, con el número de registros de individuos (esfuerzo de muestreo), a partir de proporciones >70%, las estimaciones de la riqueza se hacen estables (Fig. 9).

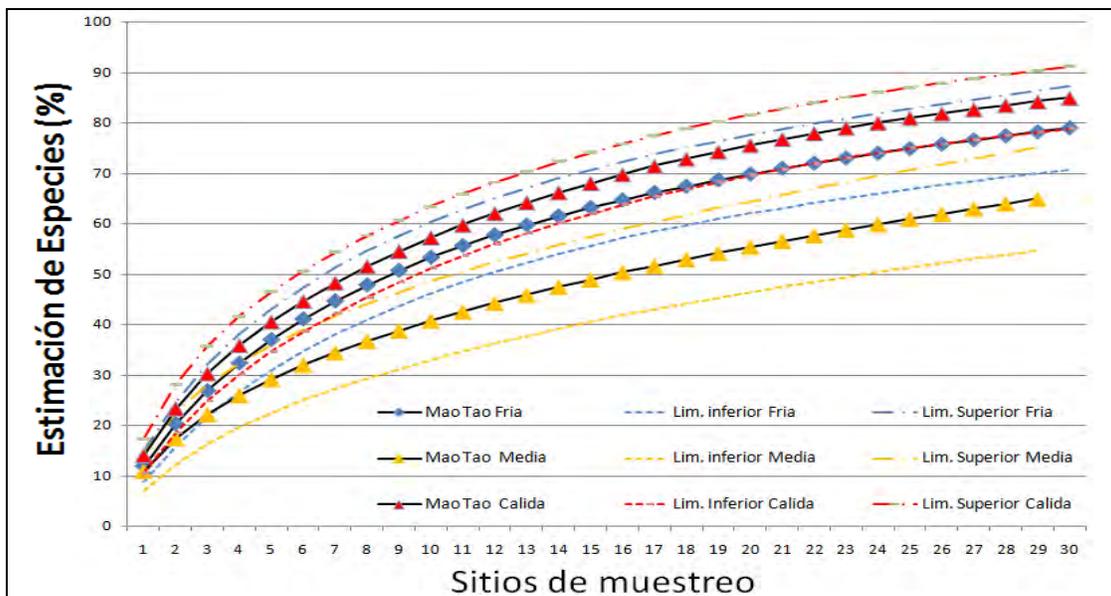


Figura 9.- Acumulación de especie por zonas (Tao Mao). Con los valores del estimador para los 30 sitios de las zona cálida, 30 de la fría y 29 de las media, se aprecia que los valores obtenidos de la media difieren significativamente de los de las zonas cálida y fría.

Para todos los estimadores calculados el esfuerzo de muestreo fue mayor al 80% (84.64-89.97%). Por tanto, se considera que el muestreo en el área de estudio es adecuado (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Estimadores de riqueza de especies para los datos observados. Se obtuvieron los estimadores de riqueza de especies: Chao1, Chao 2, Jacknife e ICE.

	Chao 1	Chao 2	Jacknife	ICE
%	85.71204	85.84029	84.64047	89.97854
Obs-Est/Est	0.14288	0.141597	0.153595	0.100215
Obs-Est	-18.17	-17.98	-19.78	12.14

A partir de estos datos, se estimó el porcentaje de completitud para conocer la representatividad de los datos (Colwell, 2005). Estos estimadores de riqueza de especies indicaron que es probable que en este estudio faltaran por registrar cerca de 15 especies, que representarían poco más del 10% de las registradas (Cuadro 3). Las especies que pueden faltar, serán probablemente especies de temporalidad distinta al periodo en que se efectuó el muestreo (de verano), localmente raras y/o individuos errantes en fase de dispersión, procedentes de poblaciones externas a la unidad del territorio estudiada (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

Riqueza florística

Encontramos **137** especies de plantas vasculares ruderales espontáneas (Fig. 8), agrupadas en **106** géneros pertenecientes a **33** familias (Anexo 2). Las especies encontradas son comunes, dado que se han encontrado en distintos trabajos de floras arvenses y ruderales en las ciudades mexicanas (COTECOCA, 1985; Rzedowski y Rzedowski, 2001; Vibrans, 2012).

Las familias más importantes por el número de especies fueron Asteraceae (37) y Poaceae (34), las cuales agruparon al 51.8% de las especies registradas. El resto de las familias no tienen más de 8 especies en el área de estudio (Fig. 10).

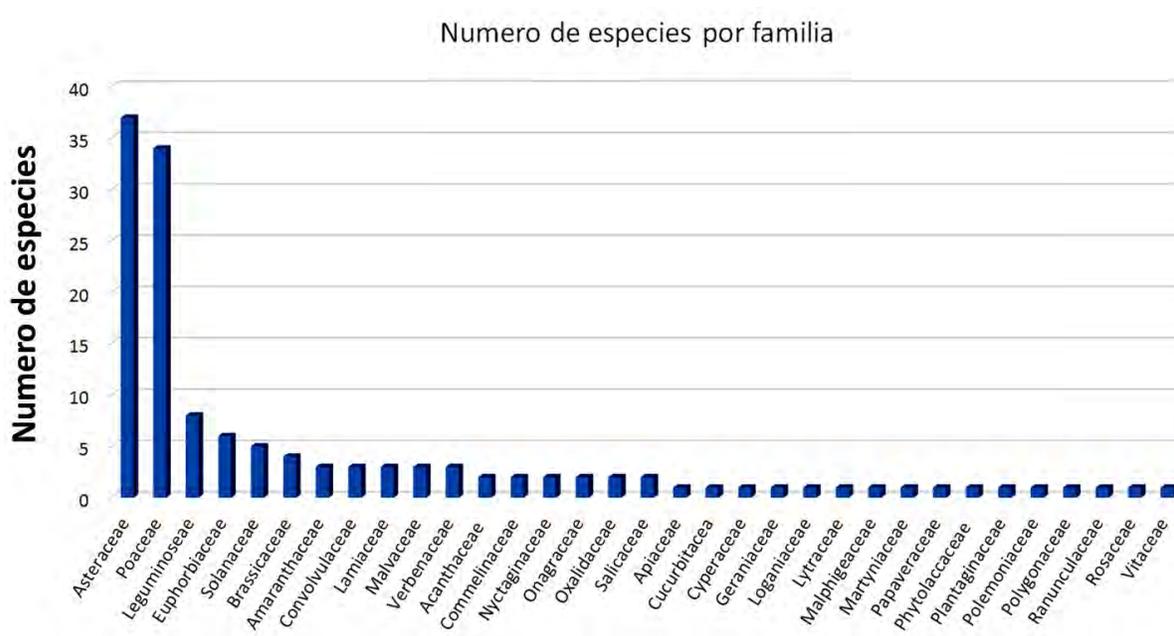


Figura 10.- *Malezas ruderales encontradas en Morelia*, ordenadas por número de especies. Destacaron las especies pertenecientes a las familias Asteraceae y Poaceae.

Los géneros mejor representados fueron *Paspalum* (6 sp.), *Euphorbia* (5 sp.) y *Bidens* (4 sp.). Estos géneros pertenecen a las cinco principales familias registradas más diversas por su número de especies (Fig. 10) y por su número de géneros en México (Villaseñor, 2004). Para el resto de los géneros encontramos menos de tres especies.

Las 10 especies más frecuentes (incidencia en sitios), en orden de importancia, fueron: *Lepidium virginicum* L., *Sida rhombifolia* L., *Melinis repens* (Willd.) Zizka, *Ricinus communis* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Bidens pilosa* L., *Amaranthus hybridus* L., *Dyssodia tagetiflora* Lag., *Argemone ochoroleuca* Sweet y *Helminthotheca echioides* (L.) Holub. Estas especies estuvieron en más del 30% de los sitios.

Las 10 especies más dominantes (cobertura), en orden de importancia, fueron *Melinis repens*, *Ricinus communis*, *Cynodon dactylon*, *Lepidium virginicum*, *Sida rhombifolia*, *Dyssodia tagetiflora*, *Bidens pilosa*, *Tithonia tubiformis* (Jacq.) Cass, *Helminthotheca echioides* y

Amaranthus hybridus. Estas especies cubren del 15 al 80% de los sitios donde estuvieron presentes.

Para saber cuáles de las malezas encontradas en Morelia se comportan como arvenses y cuales como ruderales (Anexo 2), se consultaron los trabajos de Calderón de Rzedowski y Rzedowski (2004), Martínez-De la Cruz (2015) y Vibrans (2012), se encontró que el 25.8% de las especies registradas son comunes en áreas de cultivos, por ejemplo: *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Nicotiana glauca* Graham, *Nicandra physalodes* (L.) Gaertn. El 22.3% de las especies parecen preferentemente ruderales, como es el caso de *Buddleja sessiliflora* Kunth, *Calyptocarpus vialis* Less y *Leonotis nepetifolia* (L.) R. Br. El 39% de las especies se han reportado indistintamente como arvenses o ruderales, solo a un 12.9% de las especies no se les ha atribuido comportamiento preferente, quizás debido a su escasa presencia en ambientes agrícolas o urbanos (Rzedowski y Rzedowski, 2001; Vibrans, 2012). En este estudio se encontró que las malezas son de amplia distribución en el país, por lo que su potencial de colonizar ambientes modificados es mayor, dada su tolerancia a vivir en ambientes perturbados, como el de la ciudad de Morelia, Michoacán (Anexo 2).

Se encontraron 33 nuevos registros para el estado de Michoacán (Oseguera, 1987; Pacheco, 1998; Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer, 2013; Santillán, 1995; Saucedo, 2002; Vázquez, 1997): *Adenophyllum cancellatum* (Cass.) Villareal, *Amaranthus cruentus* L., *Avena sativa* L., *Boerhavia diffusa* L., *Bothriochloa hirtifolia* (J. Presl) Hernard, *Bothriochloa hybrida* (Gould) Gould, *Bothriochloa laguroides* (DC.) Herter, *Bromus catharticus* Hook. & Arn., *Cenchrus ciliaris* L., *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone, *Chloris rufescens* Lag., *Chloris gayana* Kunth, *Cuphea angustifolia* Jacq. ex Koehne, *Euphorbia lacera* Boiss, *Euphorbia vermiculata* Raf., *Eustachys submutica* (Kunth) Roem. & Schult., *Festuca perennis* (L.) Columbus y J.P. Sm., *Gaudichaudia cycloptera* (DC.) W.R. Anderson, *Justicia caudata*

A.Gray,, *Malva crispa* (L.) L., *Oxalis lunulata* Zucc., *Panicum trichoides* Sw, *Paspalum botterii* (E.Fourn) Chase, *Paspalum setaceum* var. *Ciliatifolium* (Michx.) Vasey, *Populus alba* L., *Porophyllum linaria* (Cav.) DC., *Proboscidea louisiana* (Mill.) Thell., *Ranunculus dichotomus* Moc. & Sessé ex DC., *Rapistrum rugosum* (L.) All., *Senecio vulgaris* L., *Stevia organoides* Kunth, *Tauschia humilis* J.M. Coult. & Rose y *Tetramerium nervosum* Nees

Especies exóticas

En este estudio encontramos 36 especies exóticas (25.5% del total), pertenecientes a 34 géneros de 15 familias. Las especies que presentaron mayor incidencia y cobertura fueron: *Melinis repens*, *Ricinus. comunis* y *Cynodon dactylon*, Del total de especies introducidas, casi la mitad (13), pertenecen a la familia Poáceae (Fig. 11)

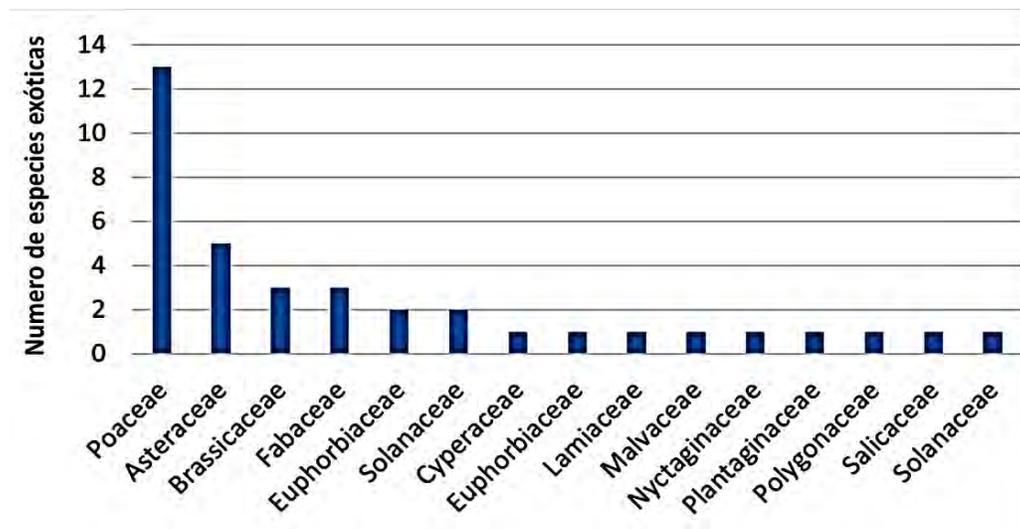


Figura 11.- Malezas exóticas encontradas en Morelia. La cantidad de las especies introducidas de la familia de las Poáceas destacaron por arriba del resto de las familias botánicas. Para el resto de familias, el número de especies eran temporales o raras (≤ 5).

La mayoría de los géneros exóticos presentes, en su mayoría estaban representados por una sola especie, con excepción de *Cenchrus* (*C. ciliaris* y *C. clandestinus*) y *Medicago* (*M. lupulina* y *M. polymorpha*).

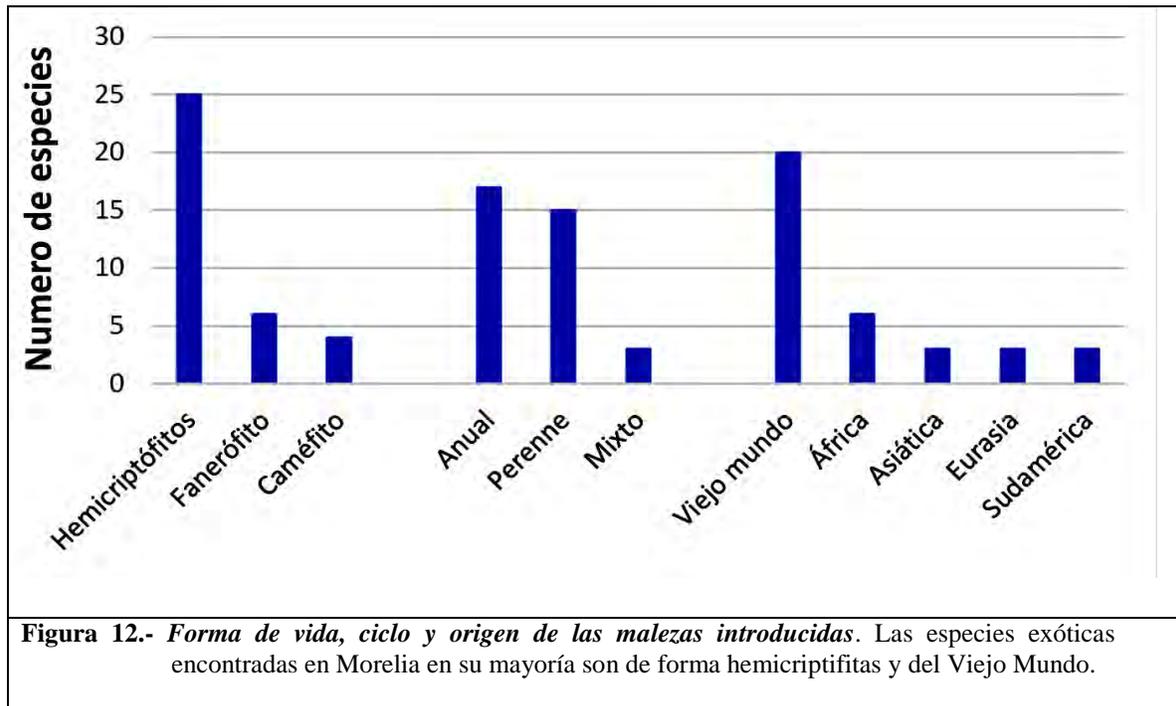
La mayoría de las especies exóticas se consideran de hábito hemicriptofito. Esto podría deberse a una presión de selección a favor de esta forma de vida que implica que sus meristemos

principales se elevan poco del suelo por lo que están protegidas y menos expuestas a heladas y sequía y al daño mecánico ocasionada por el rodamiento de vehículos, pisoteo, basura, cascajo y quema de baldíos (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Origen, hábito y ciclo de vida de las especies introducidas. La mayoría de las especies introducidas o exóticas provienen del viejo mundo (Rzedowski y Rzedowski, 2001). En lo que respecta al hábito encontramos que en su mayoría son hemicriptófitas, algunas caméfitas y muy pocas fanerófitas.

Familia	Especie	Origen	Hábito	Ciclo
Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i>	Sudamérica	Fanerófito	Anual
Asteraceae	<i>Helminthotheca echioides</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Asteraceae	<i>Latuca serriola</i>	Viejo Mundo	Caméfito	Anual
Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i>	Viejo Mundo	Fanerófito	Anual
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Perenne
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Asia	Hemicriptófito	Anual
Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Perenne
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia peplus</i>	Viejo Mundo	Caméfito	Perenne
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Viejo Mundo	Fanerófito	Perenne
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	África	Hemicriptófito	Perenne
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	África	Fanerófito	Perenne
Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Malvaceae	<i>Malva crispa</i>	Asia Central	Caméfito	Anual
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i>	África	Caméfito	Anual
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Poaceae	<i>Avena sativa</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Poaceae	<i>Bromus catharticus</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Perenne
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Eurasia	Hemicriptófito	Perenne
Poaceae	<i>Cenchrus clandestinus</i>	África	Hemicriptófito	Perenne
Poaceae	<i>Chloris gayana</i>	África	Hemicriptófito	Perenne
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Perenne
Poaceae	<i>Digitaria ciliaris</i>	Asiática	Hemicriptófito	Anual
Poaceae	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Poaceae	<i>Eleusine indica</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Anual
Poaceae	<i>Festuca perennis</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Mixto
Poaceae	<i>Melinis repens</i>	África	Hemicriptófito	Mixto
Poaceae	<i>Paspalum urvillei</i>	Sudamérica	Hemicriptófito	Perenne
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i>	Viejo Mundo	Hemicriptófito	Perenne
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Eurasia	Hemicriptófito	Perenne
Salicaceae	<i>Populus alba</i>	Eurasia	Fanerófito	Perenne
Solanaceae	<i>Nicandra physalodes</i>	Sudamérica	Fanerófito	Anual
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	Sudamérica	Fanerófito	Mixto

Con respecto al origen de las especies introducidas, provienen principalmente del Viejo Mundo y en menor grado de África, Asia y Sudamérica. (Fig. 12).



En lo que respecta al ciclo de vida, se encontró que más de la mitad de organismos son de ciclo de vida corto o anual, y solo los organismos con láminas largas o formas arbustivas son perennes (Anexo 2).

Especies invasoras

Del total de especies exóticas, se registraron once especies (<10%) que son consideradas invasoras (Aguilar *et al.*, 2008). De la cantidad de especies invasoras, casi la mitad de las especies (6), pertenecen a Poaceae, familia que presentó la mayor cantidad de especies introducidas (50% aproximadamente). La mayoría de las especies invasoras presentes en Morelia, Michoacán, son hemicriptófitas, (exceptuando *Nicotiana glauca* y *Ricinus communis*, que son fanerófitos). Con respecto al ciclo de vida, gran parte de las malezas invasoras son de ciclo largo o perenne (exceptuando *Echinochloa cruz-galli*, que es anual, y también *Melinis*

repens y *Nicotiana glauca* que son de ciclo mixto) y se han registrado en casi todas las entidades federativas del país en la última década (Cuadro 5). La mayoría de las malezas invasoras, son de amplia distribución en México, lo que muestra que puede afectar casi cualquier ecosistema en México (Aguilar *et al.*, 2008; CANEI, 2010).

Cuadro 5.- Origen de las especies invasoras y presencia en las entidades federativas mexicanas. La mayoría de las especies consideradas invasoras son de amplia distribución en México (Vibrans, 2012; Villaseñor y Espinosa-García, 2014).

Especie	Familia	Origen	Forma de vida	Entidades federativas
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Poaceae	Eurasia	Hemicriptófito	27
<i>Chloris gayana</i>	Poaceae	África	Hemicriptófito	14
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Viejo Mundo	Hemicriptófito	31
<i>Cyperus esculentus</i>	Cyperaceae	Viejo Mundo	Hemicriptófito	31
<i>Echinochloa crusgalli</i>	Poaceae	Viejo Mundo	Hemicriptófito	27
<i>Melinis repens</i>	Poaceae	África	Hemicriptófito	31
<i>Nicotiana glauca</i>	Solanaceae	Sudamérica	Fanerófito	28
<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	Viejo mundo	Fanerófito	31
<i>Rumex crispus</i>	Polygonaceae	Eurasia	Hemicriptófito	27
<i>Sorghum halepense</i>	Poaceae	Viejo mundo	Hemicriptófito	30
<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	Viejo mundo	Hemicriptófito	27

II.5 Discusión

Malezas ruderales

La zona urbana de Morelia presentó casi la misma riqueza de especies que las encontradas en zonas rurales cercanas y áreas de preservación ecológica (Cuadro 6), aunque el número de familias es mayor en esas áreas naturales (Saucedo, 2002). Los datos apoyan la propuesta que los ambientes urbanos presentan una variabilidad ambiental (Ángel *et al.*, 2012) y pueden albergar una gran diversidad de malezas a pesar de la alta perturbación y estrés dentro de la ciudad (Liang, *et al.*, 2008; Vibrans, 1998), es erróneo considerarlas como ambientes homogéneos.

Algunas especies ruderales encontradas también pueden prosperar como arvenses pero, dada la menor disponibilidad de suelo en las ciudad en comparación con áreas de cultivo, en este trabajo se encontró 40% menos diversidad de arvenses que malezas en zonas rurales y agrícolas (Chávez-Carbajal y Guevara-Féfer, 2003) para la región (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Comparación de la riqueza florística de malezas en diferentes áreas del Valle de Morelia, México.

Lugar	Familias	Géneros	Especies	Género / Familia	Especies / Género	Referencia
Valle de Morelia	34	114	189	3.35	1.66	Chávez- Carbajal, y Guevara-Féfer, 2003
Mpio. de Morelia	46	111	139	2.41	1.25	Saucedo, 2002
Centro Histórico, de Morelia	31	69	73	2.22	1.06	Santillán, 1995
Cd. Morelia	33	106	137	3.21	1.29	Este trabajo

La diferencia más notable de nuestro estudio, en comparación con otras floras ruderales del país donde Asteraceae es la familia que generalmente predomina, es que en Morelia se encontró que la familia más importante es la Poaceae, igual que en Ensenada, B.C. (Garcillan, 2009). Si bien para el caso de Morelia, Michoacán, y Ensenada, B.C., la familia Poaceae es ligeramente mayor que la Asteraceae, es importante destacar que ambas son las más importantes por el

número de especies y géneros presentes en todas estas ciudades, aspecto que justifica que alcancen a formar entre el 25% y el 55% de la flora ruderal en México (Cuadro 7). El resto de las familias encontradas, en su mayoría, no tenían más de 8 especies en los sitios incluidos en este estudio (Cuadro 7).

Cuadro 7.- Familias de malezas y su importancia por número de especies en ciudades de la República Mexicana.

Familia	Morelia, Michoacán (Gómez, 2014)	Malinalco, México (Martínez-De La Cruz, I. 2010)	Ciudad de México (Vibrans, 1998)	Ciudad de México (Díaz, 1999)	Ensenada, Baja California (Garcillan, 2009)
Poaceae	37 (27.0%)	32 (7.24%)	40 (15.62%)	39 (14%)	34 (21.5%)
Asteraceae	34 (24.8%)	77 (17.42%)	56 (21.87%)	58 (17.4%)	33 (20.8%)
Euphorbiaceae	6 (4.37%)	11 (2.48%)	9 (3.51%)	11 (3.47%)	7 (4.4%)
Leguminosae	8 (5.83%)	31 (7.01%)	10 (3.9%)	21 (6.62%)	6 (3.8%)
Malvaceae	3 (2.18%)	8 (1.8%)	12 (4.68%)	12 (3.78%)	3 (1.9%)
Solanaceae	5 (3.64%)	14 (3.16%)	14 (5.46%)	17 (5.36)	6 (3.7%)
Amarantaceae	3 (2.18%)	9 (2.03%)	6 (2.34%)	5 (1.57%)	15 (9.5%)
Brassicaceae	4 (2.91%)	8 (1.8%)	21 (8.2%)	8 (2.52%)	12 (7.6%)
Convolvulaceae	3 (2.19%)	10 (2.26%)	3 (1.17%)	6 (1.89%)	3 (1.9%)
Lamiaceae	2 (1.45%)	17 (3.84%)	5 (1.95%)	9 (2.83%)	1 (0.6%)

La importancia relativa de Poaceae y Asteraceae, y menor importancia de otras familias en la flora ruderal, podría estar relacionado con factores, como el periodo de recolecta; la escasez de polinizadores (dando ventaja a los taxones polinizados por viento) y la forma de vida (Vibrans, 1998).

En los estudios sobre floras urbanas en el mundo, se reconoce que las familias Asteraceae y Poaceae son, respectivamente, las más comunes, abundantes y predominantes en sitios perturbados. Ya que dichas familias fueron las principales con respecto a especies ruderales en las ciudades de México (Villaseñor y Espinosa-García, 2004), coincide también con lo que ocurre en otras ciudades del extranjero, por lo que su importancia es a escala más global (Loeb, 2006).

Existe una fuerte correspondencia entre la riqueza de especies y de géneros por familia (Villaseñor, 2004). Como lo encontrado en este estudio, algunas de las familias registradas como las más diversas por su número de especies, también se registran aquí como las más diversas por su número de géneros (Cuadro 8). Este porcentaje de géneros es similar con otros estudios de flora ruderal con varios géneros característicos. Esta correlación ha sido evaluada para distintas regiones de México (Cuadro 8).

Cuadro 8.- Géneros de malezas y su importancia por número de especies encontradas en ciudades de México. El número a la izquierda del paréntesis indica cuántas especies fueron registradas. El porcentaje es con respecto al total de especies en la ciudad estudiada.

Género	Morelia, Michoacán (Este estudio)	Malinalco, Edo.Méx. (Martínez-De La Cruz, 2010)	Cd. de México (Vibrans, 1998)	Cd. de México (Díaz-Betancourt, 1999)
<i>Euphorbia</i>	5 (3.6%)	7 (1.6%)	6 (2.7%)	5 (1.6%)
<i>Cyperus</i>	1 (0.7%)	5 (1.1%)	3 (2.3%)	3 (0.9%)
<i>Melampodium</i>	3 (2.2%)	5 (1.1%)	3 (1.2%)	5 (1.6%)
<i>Solanum</i>	3 (2.2%)	4 (0.9%)	5 (2.0%)	7 (2.2%)

En general, encontramos pocas especies de climas templados (García, 2004; Vibrans 2012), lo que contrasta con otras floras ruderales como la de Malinalco, donde son más frecuentes las especies de zonas templadas (Martínez-De La Cruz *et al.*, 2015). Esto podría deberse a una selectividad de plantas por el aumento de temperatura en el pavimento y la alta perturbación en la ciudad (Dahlquist *et al.*, 2007; Lippe y Kowarik, 2008). Este estudio pretende proporcionar información que nos ayude a entender la influencia del aumento de temperatura en el comportamiento de las malezas, en un probable escenario de calentamiento global (IPCC, 2007).

Especies exóticas e invasoras en Morelia.

En Morelia se encontró que la mayoría de las malezas fueron nativas (Norteamérica y Mesoamérica). Esto coincide con la mayoría de los trabajos sobre vegetación ruderal en México (Cuadro 9), donde se reporta que las especies nativas son mayoría en ambientes perturbados (Vibrans, 1998).

Cuadro 9.- Estudios de vegetación ruderal en México.

<i>Ciudad</i>	Morelia, Michoacán (Este estudio)	Malinalco, Edo.Méx. (Martínez-De La Cruz, 2010)	Cd. de México (Vibrans, 1998)	Cd. de México (Díaz, 1999)	Ensenada, B.C. (Garcillan, 2009)
<i>Sitios</i>	Baldíos y orillas de caminos	Baldíos, cepos de árboles y orillas de camino	Baldíos, banquetas, grietas y parques	Baldíos	Baldíos y orillas de arroyos
<i>Familias</i>	32	100	42	61	33
<i>Géneros</i>	102	335	165	214	119
<i>Especies</i>	137	442	256	317	158
<i>Exóticas</i>	37 (27.2%)	75 (16.8%)	31 (12.2%)	80 (28.4%)	97 (61%)

Villaseñor y Espinosa-García (2004) consideran que la proporción de especies exóticas en México no es muy alta (< 3%), en comparación con otras regiones del mundo. En este estudio 37 especies encontradas son introducidas (27.2% del total), por lo que este porcentaje de malezas ruderales podría indicar que Morelia es un punto de acceso y establecimiento de especies exóticas para la región (Del-Val *et al.*, 2015). Casi la mitad de las especies introducidas (13), pertenecen a la familia Poaceae, lo que coincide con la proporción nacional de especies introducidas (59%) para esta familia en México (Villaseñor y Espinosa-García, 2004).

Que la flora ruderal esté compuesta principalmente por especies nativas, contrasta con lo encontrado en trabajos en ciudades templadas y/o europeas estudiadas hasta ahora, con una mayor ocurrencia de especies exóticas (Garcillán, 2009). El aumento o reducción en la cobertura,

abundancia o distribución de algunas especies introducidas, así como la disminución (o incluso extinción) de especies raras y nativas son factores que pueden dar lugar a la homogeneización biótica (McKinney, 2006). En México, en la única ciudad donde se ha reportado que predominan las especies exóticas sobre las nativas, es la ciudad de Ensenada, B.C. (Garcillán, 2009). Esta uniformidad se considera que es debido a que Ensenada forma parte del corredor costero en donde se encuentra el puerto de Los Ángeles, California. Esta relación ocasiona la constante introducción de especies vegetales, promoviendo la disminución o extinción de especies nativas y raras (Del-Val *et al.*, 2015). La introducción y abundancia de especies exóticas, que generalmente carecen de enemigos naturales que regulen sus poblaciones naturalmente, les permite aumentar en nuevos ambientes, llegando a ser consideradas una invasión biológica (McKinney, 2006).

En Morelia encontramos que las especies ruderales nativas son mayoría, probablemente debido a que las modificaciones ambientales por la urbanización han sido graduales y dichas especies han podido adaptarse a estas modificaciones del paisaje. La cantidad de familias presentes, especialmente el porcentaje de especies exóticas encontradas en zonas urbanas y periurbanas en los baldíos, resultaron ser similares a lo que ocurre en la Ciudad de México (Cuadro 9) y otras floras encontradas en parques urbanos en Estados Unidos (Loeb, 2006).

Las once especies invasoras encontradas, se caracterizan por ser de amplia distribución con una forma de vida hemicriptófita. Las malezas invasoras que encontramos (con excepción de *Chloris gayana*) se han registrado en 27 o más entidades federativas de México. La forma de vida hemicriptófita de las especies invasoras parece consistente con un proceso de selección dado que crecen en sustrato somero o fisuras del pavimento. Las pocas áreas verdes públicas y la constante perturbación limitan la biomasa de los organismos ruderales.

Tres de las once especies invasoras: *Cynodon dactylon*, *Melinis repens*, y *Ricinus communis*, presentan valores altos en incidencia y cobertura. La incidencia y cobertura de estas malezas invasoras, es similar o incluso menor comparado con otras especies nativas, por lo que difícilmente se podría sugerir que las especies introducidas están generando una homogenización de la flora de Morelia, Michoacán.

Los procesos ecológicos que llevan a la homogenización biótica están relacionados con procesos de remoción total de vegetación pre-existente y una sucesión secundaria dirigida por especies introducidas y dominantes (Olden *et al.*, 2004; Kühn y Klotz, 2006). Sin embargo, nuestro estudio fortalece la hipótesis de que la homogeneización biótica dista mucho de ser algo que esté ocurriendo de manera generalizada en México, ya que las especies que sobreviven y predominan en las zonas antropizadas son principalmente especies de malezas nativas. Esto posiblemente se debe a la larga historia de perturbación y actividades humanas en la región, que permitieron una evolución de especies adaptadas.

El cambio de uso de suelo, puede disminuir y/o extinguir poblaciones locales de especies nativas (Fahrig, 2003). Mientras el cambio de uso del suelo ocurra en condiciones donde la vegetación las comunidades de especies nativas prevalezcan en el paisaje natural y/o mantengan su dispersión de propágulos, seguirán teniendo la posibilidad de persistir, competir y distribuirse en estas nuevas condiciones. Creemos que esto es lo que ocurre en el área de estudio y en parte explica la predominancia de especies nativas en Morelia.

II.6 Conclusiones

1. Encontramos **137** especies de plantas vasculares ruderales espontáneas (Fig. 8), agrupadas en **106** géneros pertenecientes a **33** familias conformando la flora ruderal de Morelia, Michoacán.
2. Se encontraron 33 nuevos registros para el estado de Michoacán.
3. Las familias botánicas que predominaron fueron Poaceae y Asteraceae. Ambas familias incluyen en conjunto el 51.8% de las especies encontradas.
4. La mayor parte de las especies en el área de estudio son nativas (74%).
5. La hipótesis de la homogeneización de la flora ruderal por especies introducidas no es apoyada con los datos de la ciudad de Morelia, Michoacán.
6. Solo 11 de las especies de malezas encontradas son consideradas invasoras.

II.7 Literatura Citada

- Aguilar, V., Alarcón, J., Bomer, A., Contreras, S., Del Val, E., Elizalde, A., Enkerlin, E., Espinosa-García, F., Golubov, J., Hermann, H., Koleff, P., Low-Pfeng, A., March, I., Martínez-Jiménez, M., Meave del Castillo, M., Mena, J., Moreno, E., Pérez-Sandi, M., Randall, J., Rickards, J., Torres, G., Vibrans, H., Zertuche-González, J., Ziller, S., Zimmerman, H. (2008). *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México*. IMTA, The Nature Conservancy, Conabio, GECI, Jiutepec, Morelos, México.
- Ángel, S., Parent J., Civco, D. L. y Blei, A. M. (2012). *Atlas of Urban Expansion*, Cambridge MA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Calderón de Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (2004). *Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario XX. Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- CANEI (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras). (2010). *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Conabio, Conanp, Semarnat. México.
- Chávez-Carbajal, M. y Guevara-Fefer, F. (2003). “Flora arvense asociada al cultivo de maíz de temporal en el valle de Morelia, Michoacán, México”. En *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario XIX. Instituto de Ecología A.C., Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán.
- Colwell, R., Mao, C. y Chang, J. (2004). “Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves”. En *Ecology*, 85: 2717-2727.
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la determinación de Coeficientes de Agostadero). (1985). *Las Gramíneas de México. Tomo 2*. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- Cué, E., Villaseñor, J., Arredondo, L., Cornejo, G. e Ibarra, G. (2006). *La flora arbórea de Michoacán, México*. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 78: 47-81.

- Dahlquist, R., Timothy, P. y Stapleton, J. (2007). "Time and Temperature Requirements for Weed Seed Thermal Death". En *Weed Science*, 55: 619-625.
- Díaz-Betancourt M.E. (1999). Estudio florístico y ecológico de los terrenos baldíos de la Ciudad de México (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 132 pp.
- Del-Val, E., Balvanera, P., Castellarini, F., Espinosa, F., Murguía, M. y Pacheco, C. (2015). Identifying areas of high invasion risk: a general model and an application to Mexico. En *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86: 208-216.
- Escalante, T. (2003). ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. Elementos: ciencia y cultura Revista de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Puebla, México. 52: 53-56.
- Espinosa-García, F. J., Villaseñor, J. L. y Vibrans, H. (2009). "Biodiversity, Distribution, and Possible Impacts of Exotic Weeds in Mexico". En Van Devender T., Espinosa-García F. J., Harper-Lore, B. L. y Hubbard T. (eds.). *Invasive Plants on the Move. Controlling them in North America*. University of Arizona Press, Tucson, Arizona, Estados Unidos.
- Espinosa-García, F. J. y Sarukhán, J. (1997). *Manual de malezas del Valle de México*. y Fondo de Cultura Económica. México.
- Fahrig, L. (2003). "Effects of habitat fragmentation on biodiversity". En *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487- 515.
- Garcillán, P., Rebman, J. y Casillas, F. (2009). Analysis of the non-native flora of Ensenada, a fast growing city in northwestern Baja California. *Urban Ecosystems*, 12: 449-463.
- Hammer, Ø., Harper, D. y Ryan, P. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis (PAST). *Palaeontologia Electronica* 4: 9.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report*. Cambridge University, Cambridge, Reino Unido.
- Jiménez-Valverde, A., y Hortal J. (2003). "Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos". En *Revista Ibérica de Aracnología*, 8: 151-161.

- Knight, S., Smith, C. y Roberts M. (2010). “Mapping Manchester's urban heat island”. En *Weather*, 65: 188-193.
- Kühn, I. y Klotz, S. (2006). Urbanization and homogenization—comparing the floras of urban and rural areas in Germany. En *Biological conservation* 127: 292-300.
- Lara, L.F. (2012). “Calidad, funcionalidad y accesibilidad de las áreas verdes de la ciudad de Morelia, Michoacán”. Licenciatura en Ciencias ambientales, UNAM.
- Liang, Y., Li, J.W., Li, J., y Valimaki S. (2008). “Impact of urbanization on plant diversity: A case study in built-up areas of Beijing”. En *Forestry Studies in China*, 10: 179-188.
- Lippe, M. y Kowarik, I. (2008). Do cities export biodiversity? Traffic as dispersal vector across urban-rural gradients. *Diversity and Distributions*. 14: 18-25
- Liu, Z., He, C., Zhou, Y. y Wu J. (2014). “How much of the world’s land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion”. En *Landscape Ecology*, 29: 763-771.
- Loeb, R. (2006). “Comparative Flora of Large Urban Parks: Intraurban and Interurban Similarity in the Megalopolis of the Northeastern United States”. En *Journal of the Torrey Botanical Society*, 133: 601-625.
- López-Granados, E. (1999). *Cambio de uso de suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia*. (Tesis de maestría). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Madrigal-Sanchez, X. y Gómez-Peralta, M. (2007). Árboles de las áreas urbanas y suburbanas de Morelia, Michoacán, México. En *Biológicas* Revista de la Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 9: 12-22.
- Martínez-De La Cruz, I. (2010). *Flora y vegetación ruderal de Malinalco, Estado de México*. (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Martínez-De La Cruz, I., Vibrans, H., Lozada-Pérez, L., Romero-Manzanares, A., Aguilera-Gómez, L. Y Rivas-Manzano, I. (2015). Plantas ruderales del área urbana de Malinalco, Estado De México, México. En *Botanical Sciences* 93: 907-919.
- McKinney, M. L. (2006). “Urbanization as a major cause of biotic homogenization”. En *Biological Conservation*, 127: 247-260.

- Olden, J. D., Poff, N. L., Douglas, M. R., Douglas, M. E., y Fausch, K. D. (2004). "Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization". En *Trends in Ecology & Evolution*, 19: 18-24.
- Oseguera, L. (1987). *Las Gramíneas silvestres del valle de Morelia, Michoacán, México*. (Tesis profesional). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Pacheco, M. (1998). *Las Euforbiáceas arvenses en el cultivo de maíz de la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México* (Tesis profesional). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Pinho, O. y Manso, M. (2000). "The urban heat island in a small city in coastal Portugal". En *International Journal of Biometeorology*, 44: 198-203.
- R Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rapoport, E., Díaz-Betancourt, M. y López-Moreno, I. (1983). *Aspectos de la ecología urbana en la ciudad de México: flora de las calles y baldíos*. Limusa. México.
- Richardson, D., Pysek, P., Rejmánek, M., Barbour, M., Panetta, D. y West, C. (2000). "Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions". En *Diversity and Distributions*, 6: 93-107.
- Rooney, T. (2005). Distribution of ecologically invasive plants along off-road vehicle trails in the Chequamegon National Forest, Wisconsin. En *The Michigan Botanist*, 44: 178-182.
- Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Mich.
- Sánchez-Blanco, J. y Guevara-Féfer, F. (2013). "Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México". En *Acta Botanica Mexicana*, 105: 107-129.
- Santillán, E. (1995). *Deterioro por la vegetación en las construcciones de la zona de monumentos históricos de la Ciudad de Morelia, Michoacán, México*. (Tesis profesional).

Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Saucedo, C. (2002). *Diagnóstico ambiental de las áreas de preservación Ecológica (Decreto 1984) en Morelia, Michoacán, México* (Tesis profesional). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Schwartz, M., Thorne, J. y Viers, J. (2006). Biotic homogenization of the California flora in urban and urbanizing regions. En *Biological Conservation*, 127: 282-291.

Suárez, G., Serrano, V., Balderas, P. y Pelz, R. (2004). Atlas de Malezas arvenses del Estado de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro.

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2012). *El patrimonio de la humanidad*. Blume. España.

Vázquez, M. (1997). *Plantas medicinales de Huertos familiares del municipio de Morelia, Michoacán, México*. (Tesis profesional). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Vibrans, H. (1998). "Urban weeds of Mexico City. Floristic composition and important families". En *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica*, 69: 37-69.

Vibrans, H. (2003). "Notas sobre neófitas 3. Distribución de algunas Brassicaceae de reciente introducción en el centro de México". En *Acta Botánica Mexicana*, 63: 83-96.

Vibrans, H. (2012). *Malezas de México*. Disponible en:

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>.

Accesado en junio del 2016.

Vié, J.C., Hilton-Taylor, C. y Stuart, S. N. (2009). *Wildlife in a changing world. An analysis of the 2008 IUCN red list of threatened species*. Gland, Suiza.

Villaseñor, J.L. y Espinosa-García, F.J. (1998). *Catálogo de malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario, Fondo de Cultura Económica. México.

Villaseñor, J.L. y Espinosa-García, F.J. (2004). The alien flowering plants of Mexico. En *Diversity and Distributions* 10, 113-123.

Capítulo Tres. Distribución y cobertura de malezas ruderales en las zonas térmicas de Morelia, Michoacán.

Resumen

Este estudio contribuye al entendimiento de la relación entre la temperatura y la distribución de malezas en un ambiente urbano, usando como modelo la ciudad de Morelia, Michoacán, México. Para determinar la relación entre la temperatura y la distribución de las especies vegetales, se identificó las áreas con distinta zonificación térmica y con base en la identificación de zonas, se muestreó la vegetación presente en la ciudad de Morelia. En términos de diversidad de malezas, las zonas con mayor contraste térmico fueron muy similares. La zona intermedia, que corresponde al centro de la ciudad, es la que presentó valores más bajos en términos de incidencia, cobertura y diversidad. Las curvas de rango-abundancia permitieron distinguir qué especies principales de malezas presentaban dominancia diferencial. Fue la incidencia y no la cobertura de especies, lo que mejor permitió distinguir diferencias en la zonificación térmica y los ensambles de especies para cada zona.

III.1 Introducción

Los patrones de diversidad y distribución de las malezas pueden ser atribuidos a factores ambientales, formas de dispersión y factores históricos (Baselga, 2010). Si bien la propagación por humanos de especies introducidas ha aumentado en distintas partes del planeta, sobre la ecología y distribución de las especies exóticas se ha estudiado poco (Seebens, 2016). En los ambientes urbanos existen factores que pueden alterar la composición y distribución de la flora, como son: cantidad de espacio disponible, forma de vida (Altay *et al.*, 2010), tiempo de residencia (Bastin y Thomas, 1999), conectividad a fragmentos naturales en el paisaje (Fahrig, 2003), grado de perturbación (Lippe y Kowarik, 2008), la humedad y la temperatura (Dahlquist *et al.*, 2007). Estas variables pueden ocasionar diferencias entre la flora nativa y exótica en dichos ambientes.

Las diferencias ambientales podrían implicar también la diferenciación selectiva entre malezas ruderales (Gong *et al.*, 2010). En el caso de la temperatura, cuando es elevada (generando sequías), o baja (causando heladas), puede ser un factor determinante en el

establecimiento, distribución o cobertura de las malezas en distintos microambientes (Dahlquist *et al.*, 2007). Las ciudades presentan una mayor retención del calor debido a sus propiedades térmicas (Jáuregui, 2005) y tener una zonificación térmica diferencial, que pueden formar mosaicos con temperaturas, como se documentó en el capítulo uno, para el caso de la ciudad de Morelia, Michoacán de este mismo trabajo.

Las temperaturas bajo cero son de mucha importancia para la cobertura vegetal, ya que suelen ser un impedimento para el establecimiento de taxones tropicales, o causar incluso su extinción (Vibrans, 1998). La ausencia o rareza de heladas en las ciudades, generan un ambiente cálido y más tropical que permite que organismos tropicales y xerófitos, (nativos, exóticos o invasores) usen como refugio el interior de las ciudades (Rapoport y López-Moreno, 1987). En un escenario de cambio climático donde aumente la temperatura local, que es muy probable (IPCC, 2007), se podrían generar las condiciones para que malezas exóticas e invasoras de climas más cálidos mejoren sus condiciones y aumenten su diseminación (Taylor *et al.*, 2012), pudiendo afectar la infraestructura y los ecosistemas cercanos (Naranjo y Dirzo, 2009). Ziska y colaboradores (2007) propusieron que las condiciones de temperatura y CO₂ en áreas urbanas pueden considerarse como un modelo a escala de las condiciones que se observarán en el planeta con el cambio climático. Encontraron que diferencias de temperatura entre 0.6 y 2°C, en un gradiente de rural a urbano, afectaban el desempeño y producción de polen de *Ambrosia artemisiifolia* (Ziska *et al.*, 2007).

Los efectos de la temperatura sobre la flora ruderal han sido estudiados pocas veces (Weng *et al.*, 2004). Por ejemplo, Bijoor y colaboradores (2008) encontraron que, en áreas verdes urbanas urbanas con manejo de fertilizantes, el aumento de temperatura promueve una pérdida rápida de nitrógeno y el predominio de malezas C4. También se ha encontrado que mientras menor es la fragmentación, menor es la temperatura con respecto al área circundante (Zhang *et al.*, 2009).

En el presente trabajo se analizó la composición y distribución florística de especies ruderales en sitios de diferentes zonificaciones térmicas en la zona urbana de Morelia, Michoacán. Para probar la hipótesis y las predicciones, usamos el patrón de distribución de las zonificaciones térmicas descritas en el capítulo uno y los datos sobre la flora ruderal en la ciudad descrita en el capítulo dos.

Hipótesis

Las diferencias térmicas entre zonas urbanas determinan la distribución y cobertura de las especies de malezas ruderales en Morelia.

Predicción

Las especies de malezas asociadas a zonas con mayor temperatura se distinguirán de las floras de malezas asociadas a zonas con menor temperatura dentro de la ciudad de Morelia.

III.2 Objetivos

General

Conocer si la zonificación térmica tiene efecto sobre la incidencia y cobertura de las malezas presentes en Morelia, Michoacán, México.

Particulares

1. Identificar y cuantificar las malezas en sitios con distinta zonificación térmica.
2. Determinar si hay diferenciación florística entre las áreas con distinta zonificación térmica.
3. Identificar las especies con distribución diferencial por alguna de las zonas.

III.3 Método

Se estableció un muestreo sistemático estratificado, en las zonas identificadas con distintas temperaturas (Capítulo 1). Los 89 sitios seleccionados fueron baldíos y orillas de caminos dentro de la zona urbana y periurbana de Morelia (ZUPM), sitios de libre acceso, sin usos aparentes y cercanos a avenidas principales y rutas de transporte público. En cada sitio se tomó presencia y cobertura para cada especie de maleza. De acuerdo con los objetivos del trabajo, para la recolecta y toma de medidas basadas en la incidencia y cobertura de especies, en los sitios se utilizaron las escalas del método relevé (Vibrans, 1998). En el método Braun-Blanquet se asocia una categoría a cada intervalo de porcentaje de cobertura (Capítulo 1).

Los datos obtenidos con los relevés se usaron para calcular índices de diversidad y equitatividad con el programa EstimateS 8.2 (Colwell, 2005). En todos los terrenos se registraron y recolectaron las especies de plantas vasculares presentes (espontáneas y/o escapadas de cultivo). Para cada especie, se anotó su identidad, forma biológica, origen y ciclo de vida durante periodo de Octubre del 2011 y Marzo del 2012 (Anexo 2).

Para cada sitio se midieron distintas variables agrupadas en dos tipos: edafológicas y de perturbación. Para las variables edafológicas se pesaron 10 g de suelo y se colocaron en un vaso de precipitado de 100 ml. donde se agregó agua y se agito la muestra hasta el punto de saturación y con un potenciómetro se midió el pH y la conductividad eléctrica de cada sitio (Anexo 3) En el caso de la influencia antrópica, las variables consideradas fueron: superficie del terreno y presencia de cascajo, ya que estas eran indicadores de susceptibilidad a influencia antrópica y porcentaje de cobertura (estrato o vegetación).

Para el área de estudio de la ZUPM se distingue una tendencia de menor a mayor temperatura, con dirección del sureste al noroeste. Se encontró que las zonas con sitios cálidos estaban asociadas con fábricas y/o incluso predios con suelos sin vegetación, como son la Ciudad Universitaria y las laderas del cerro del Quinceo. A esta zona se le denominó “zona caliente” (ZC). A la zona donde se registraron las menores temperaturas, se le denominó “zona fría” (ZF). Las partes de la ciudad que no presentaron las temperaturas máximas o mínimas, fueron consideradas “zonas intermedias” (ZM). Para las variables climáticas analizadas, temperatura y humedad, no se encontraron diferencias significativas entre las zonas “ZC” y “ZM” (Capítulo 1). Para el caso de zona “ZF”, las menores temperaturas y mayor humedad, es posible que se deban al relieve y a la cercanía con áreas forestales públicas (López-Granados, 1999).

Análisis de la relación planta-temperatura.

Primero se hizo un análisis multivariado de clasificación, en este caso de agrupación (también conocido como “de cúmulos o de conglomerados) para saber si los sitios se asocian en base a la zonificación térmica. Esta parte fue crucial ya que, de no haber diferencias, nuestra hipótesis quedaría rechazada.

Con la información total registrada, se generó una matriz para las variables independientes (temperatura, humedad, altitud, ubicación, pH del suelo, superficie del baldío, porcentaje de desechos) y las variables dependientes (frecuencia, cobertura, riqueza, diversidad) para ser usada posteriormente en los programas estadísticos PAST y R. Para interpretar los resultados obtenidos y establecer las principales características y variables más importantes de la incidencia y cobertura de malezas en las zonas, por medio del programa PAST (Hammer *et al*, 2001), se hicieron los siguientes análisis: a) varianza (ANOVA), que nos permitió ver si la temperatura, humedad e índices de biodiversidad eran distintos significativamente entre las zonas; y b) de

agrupación (CA), para saber si la presencia y cobertura de malezas agrupa a los sitios con relación a la zonificación térmica (ZT) a la que pertenecen. Con el programa R (R Core Team, 2014) se hicieron los análisis de: a) componentes principales (PCA), para ver el patrón de ordenamiento de los sitios, con base en su flora de malezas; b) discriminantes (DA), para encontrar cuáles si la composición de las malezas principales presentes caracterizan a los sitios; d) Escalamiento Dimensional no métrico (NDMS) para evaluar relación entre las distancias ambientales y las distancias biológicas y e) Curvas de rango-abundancia para saber la identidad de las especies dominantes en cada una de las zonas térmicas.

Análisis de diversidad de los sitios

En cuanto a la relación entre las malezas ruderales y los sitios con distinta zonificación térmica, para analizar las diferencias entre zonas, se hicieron los análisis de varianza con las variables frecuencia, cobertura, índices de diversidad y equitatividad para los 89 sitios, por medio del programa estadístico PAST (Anexo 3).

Para encontrar si había diferenciación de las malezas y la zonificación térmica, se hicieron análisis de diversidad con estadística univariada y multivariada con los datos y las variables obtenidos del muestreo de las especies, por medio de los programas estadísticos PAST (Hammer *et al.*, 2001) y R (R Core Team, 2014).

Para medir la diferenciación entre zonas fría, intermedia y cálida, se analizó mediante la comparación de los índices de abundancia, diversidad y equitatividad. Con los datos de presencia y la cobertura de malezas se hizo un análisis de agrupación (CA) para saber si los sitios correspondían con la zonificación térmica que pertenecían

III.4 Resultados

Diferencias entre floras de las distintas zonificaciones térmicas

Con los datos obtenidos de cobertura y frecuencia, se encontró que la zona intermedia presentaba los valores más bajos de diversidad; las zonas fría y cálida tenían valores muy similares para estos parámetros de diversidad (Cuadro 10). La zona media destacó por presentar los valores menores, para casi todos los parámetros evaluados ($F_{2,86}$): Riqueza específica ($F=4.309$, $p=0.016$); índice de Simpson ($F=4.236$, $p=0.017$); e índice de Shannon (H , $F=4.417$, $p=0.014$). Para el caso de números de Hill, la situación fue la misma, la ZM presentó valores menores para N_0 (Riqueza, $F=4.309$, $p=0.016$), N_1 (H' , abundancia, $F=3.93$, $p=0.023$) y N_2 ($1/\lambda$ de especies frecuentes, $F=4.107$, $p=0.019$). Las variables de equitatividad y cobertura no diferían significativamente entre las tres zonas (Cuadro 10).

Cuadro 10.- Diferencias entre indicadores de diversidad florística entre zonas. Para los indicadores de Riqueza, Equitatividad, abundancia (Hill#1) y los índices de Simpson y Shannon, los valores difieren significativamente (≥ 0.6) entre la zona fría (sur) y la media (centro), la zona cálida no difiere, en sus valores, del resto de las zonas.

Diferencia entre	Riqueza (Hill "#0")	Simpson	Shannon	Equitatividad	Hill "#1"	Hill "#2"
<i>Fría -Media</i>	0.609	0.605	0.638	0.377	0.605	0.173
<i>Media-Cálida</i>	0.013	0.014	0.012	0.621	0.019	0.016
<i>Cálida- fría</i>	0.136	0.143	0.118	0.912	0.173	0.148

Análisis de agrupación

Con los datos de presencia y cobertura de malezas, se construyeron sus matrices de similitud con base en la distancia euclidiana y se usó el algoritmo de Ward para formar los grupos. Con base en la incidencia, obtuvimos que ninguna de las zonas fue consistente para los sitios que le correspondían, lo que muestra que los sitios eran muy heterogéneos, a pesar de ubicarse en distintas zonas (Fig.13).

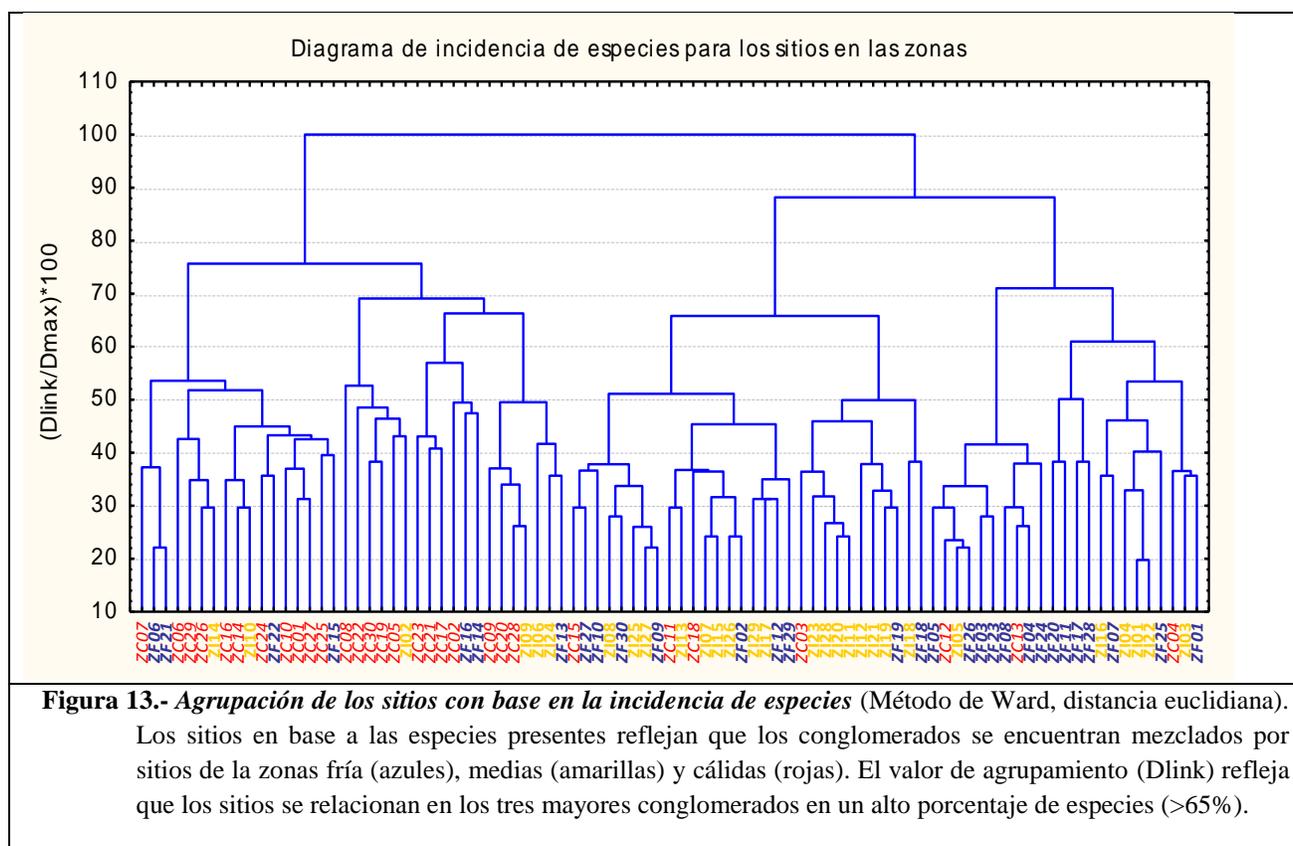


Figura 13.- Agrupación de los sitios con base en la incidencia de especies (Método de Ward, distancia euclidiana). Los sitios en base a las especies presentes reflejan que los conglomerados se encuentran mezclados por sitios de las zonas fría (azules), medias (amarillas) y cálidas (rojas). El valor de agrupamiento (Dlink) refleja que los sitios se relacionan en los tres mayores conglomerados en un alto porcentaje de especies (>65%).

La mayor agrupación de sitios por incidencia de especies correspondió a la zona cálida, donde se concentran en un grupo de 23 de 30 sitios, posteriormente se observan dos subgrupos: uno con 17 de 30 sitios para la zona media y otro con 14 de 29 para la fría (Fig. 13). Esta situación refleja la afinidad de los sitios de las zonas fría y media. En términos de incidencia de especies y la capacidad de la ZC para albergar más especies distintas en comparación de las zonas ZM y ZF.

Con base en cobertura, obtuvimos una menor consistencia entre los sitios que compartían la zona. La mayor agrupación de sitios por incidencia de especies es similar en las tres zonas (+/-

50%). La zona fría se incluye en un subgrupo con 17 de sus 30 sitios correspondientes; en otro grupo se incluyen 15 de sus 30 sitios de la zona intermedia y finalmente otro subgrupo incluye 14 de 29 sitios para la cálida (Fig. 14).

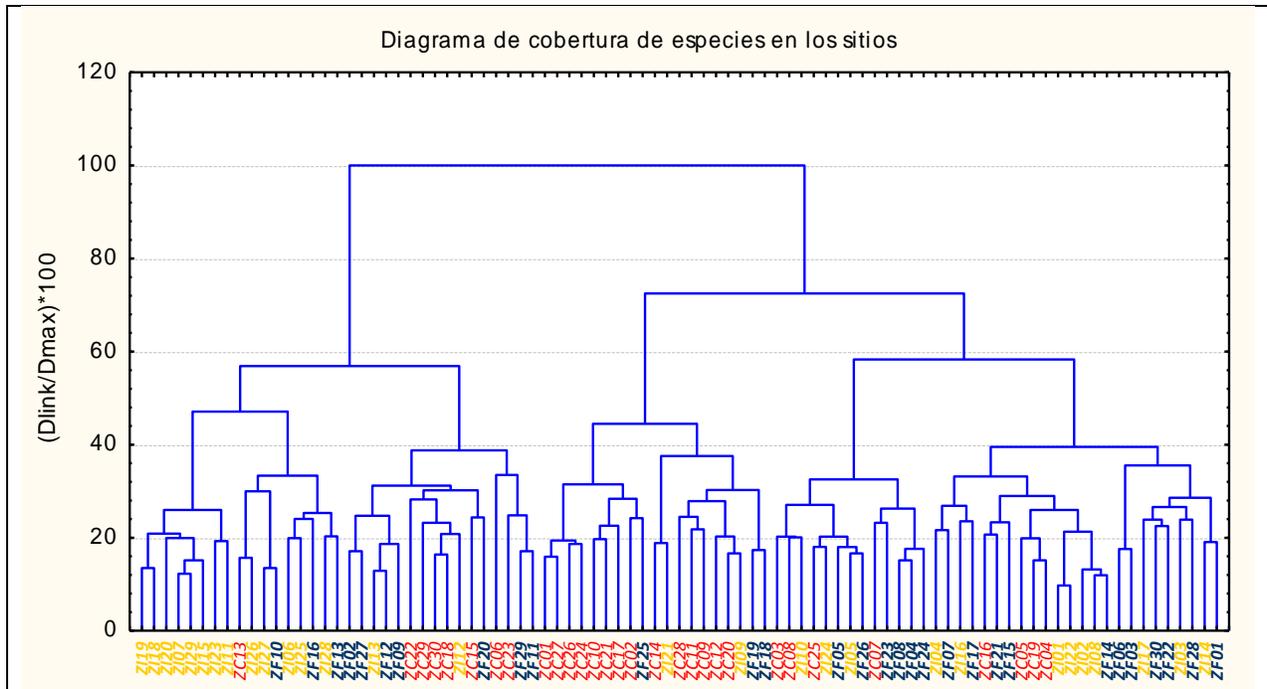


Figura 14.- Agrupación de los sitios con base en la cobertura de especies (Método de Ward, distancia euclidiana) Los sitios con base a la cobertura de las especies reflejan que los conglomerados se encuentran mezclados por sitios de la zonas fría (azules), medias (amarillas) y cálidas (rojas). Donde el valor de agrupamiento (Dlink) refleja que los sitios se relacionan en los tres mayores conglomerados en un alto porcentaje de especies.

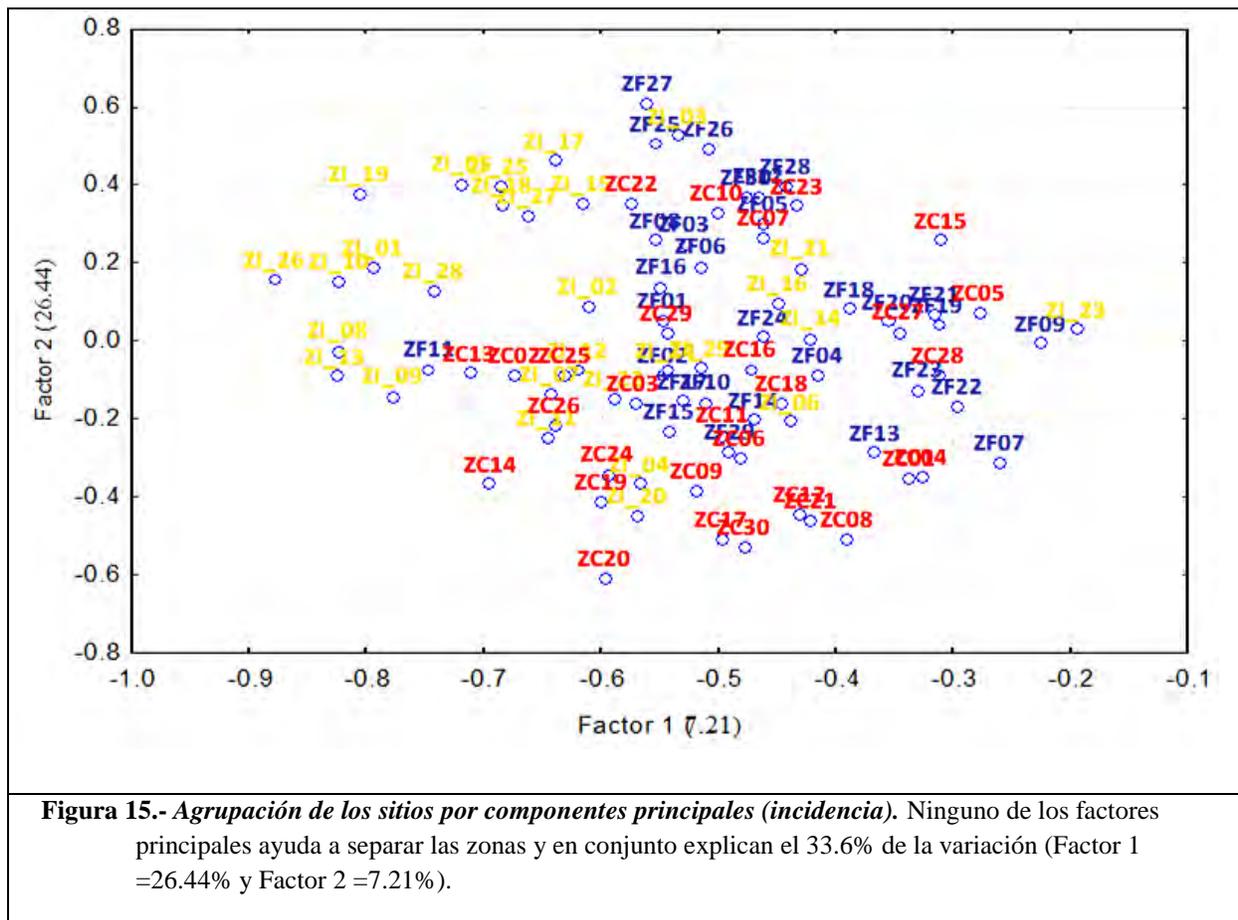
La mayor parte de los sitios no se agrupan según la zona asignada. Los datos reflejan que ninguna zona está claramente definida por una temperatura constante. El área de estudio presenta una heterogeneidad de microambientes donde pueden establecerse las malezas, lo que da como resultado un mosaico térmico en toda la zona urbana.

Análisis de Componentes Principales

Con la matriz de similitud de malezas presentes en los sitios, se hizo un análisis de componentes principales (PCA), para saber si podían agrupar y explicar la variación los sitios en relación con su zonificación térmica. El PCA mostró que los sitios eran muy similares entre sí,

no se distinguieron zonas exclusivas (traslape). Los ejes de los componentes principales explican menos del 35% de esa agrupación.

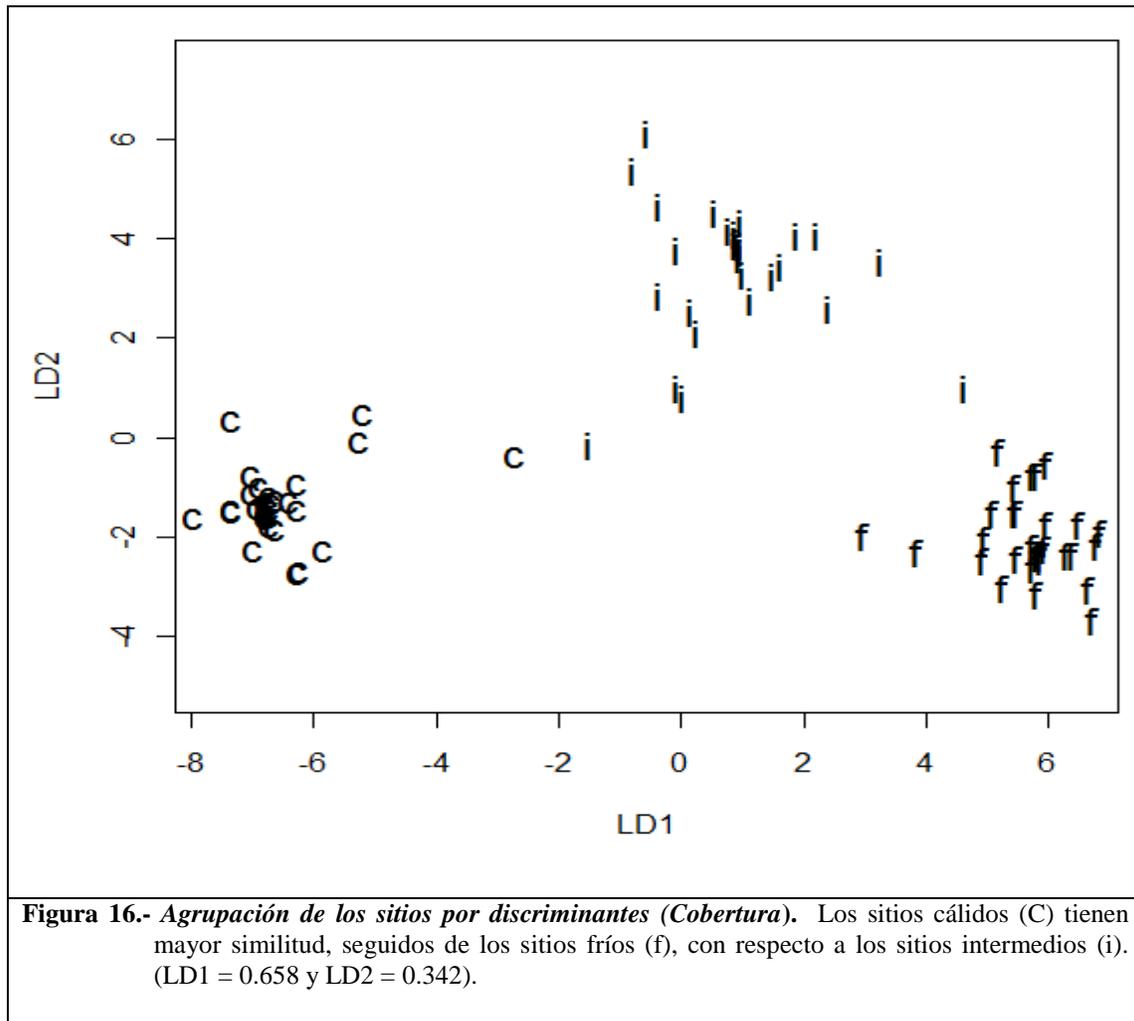
Con la extracción de los componentes principales, más de la mitad de los polígonos para las tres zonas coinciden con el área del otro que refleja la gran similitud entre los sitios (Fig. 15). No se distinguen las zonas térmicas con base en las variables de cobertura e incidencia de las especies establecidas en la ZUPM.



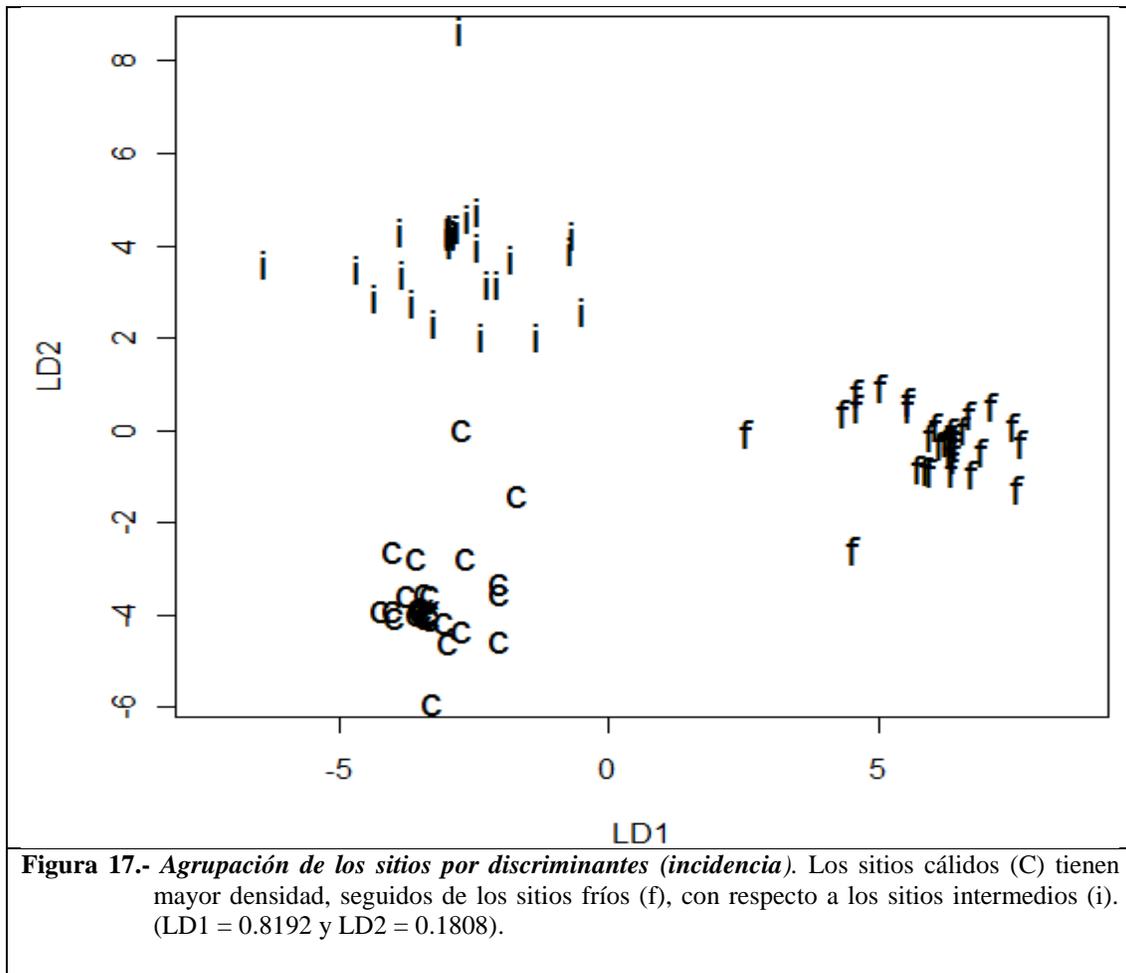
Discriminantes

El análisis discriminante es una técnica estadística, cuya finalidad es describir las diferencias (si existen) entre grupos de objetos sobre los que se observan variables. Con base en la

incidencia y cobertura de las principales especies, los sitios se agrupaban con las dos primeras funciones discriminantes, que en conjunto explicaban parte de la variación (Figs. 16 y 17).



Por una parte, la mayor parte de los sitios de las zonas se agrupan en términos de cobertura y en menor grado en la incidencia de las especies en los ambientes donde se establecen (Fig 16 y 17). La configuración de los ensambles de especies principales y su cobertura en las zonas permite distinguir los sitios según su zona. El valor de los ejes discriminantes permite explicar la mayor parte de esta variación que distingue a unos sitios de otros de distintas zonas.



La explicación por el valor de los ejes discriminantes se explicaba de forma suficiente (>65%), pero al no encontrar una combinación lineal que describiera la dispersión de los grupos, este análisis no explicaba la agrupación a los sitios con base en las zonas térmicas.

Con los datos de cobertura y incidencia en el análisis de discriminantes, se vislumbra una diferencia, por lo que se decidió explorar la relación entre los sitios y la totalidad de especies por medio del Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS o *Non-metric multidimensional scaling*), una técnica utilizada en ecología para detectar la relación entre las distancias ambientales y biológicas

Escalamiento Multidimensional No Métrico

El método Braun-Blanquet asocia una categoría para cada intervalo de porcentaje de cobertura, por lo que la relación de gradientes en comunidades biológicas se sugiere linealizar

(Podani, 2006). El Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) es un método de ordenación basado en intervalos de distancias que permite calcular las diferencias entre los inventarios a partir de una medida de disimilitud ordinal permitiendo la agrupación de los nuevos elementos en un espacio geométrico de pocas dimensiones (Podani, 2006).

Como se puede apreciar, los sitios de las zonas intermedias se encuentran ampliamente dispersos, pero la línea trazada permite notar la diferenciación entre los sitios cálidos y los fríos (Fig.18). La mayoría de los sitios calientes se encuentran predominantemente en los valores positivos del componente multidimensional ordenado (cmds 2) y la mayoría de los sitios fríos ocupan los valores negativos, indicando que las especies parecen responder a un gradiente relacionado con la temperatura.

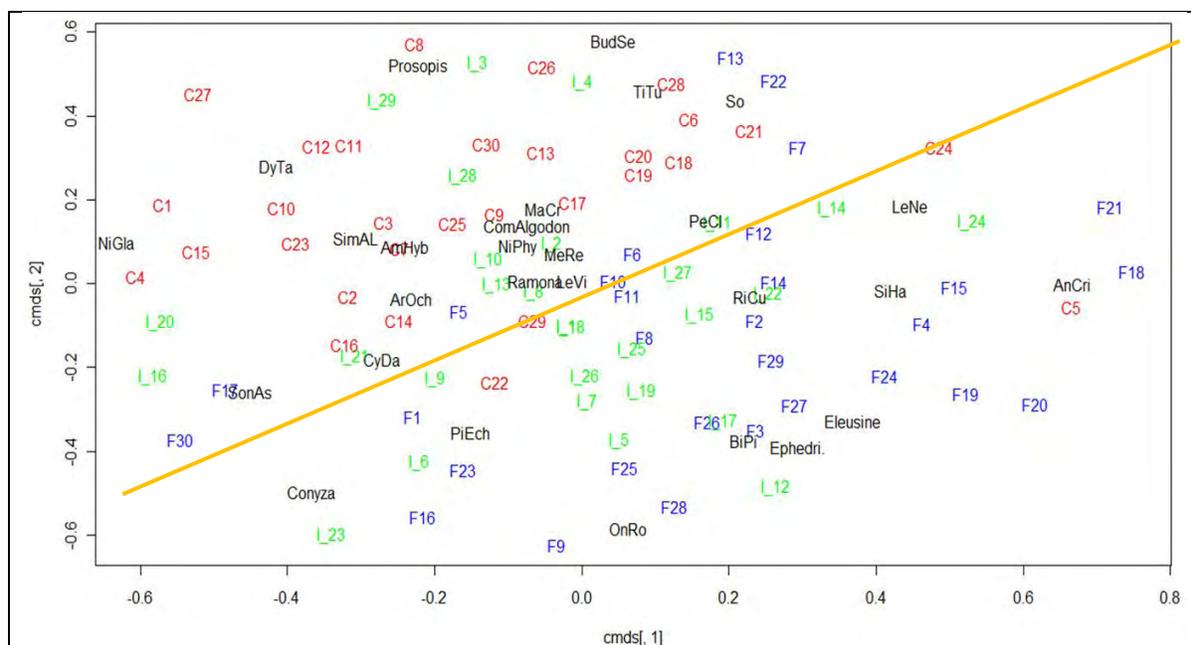


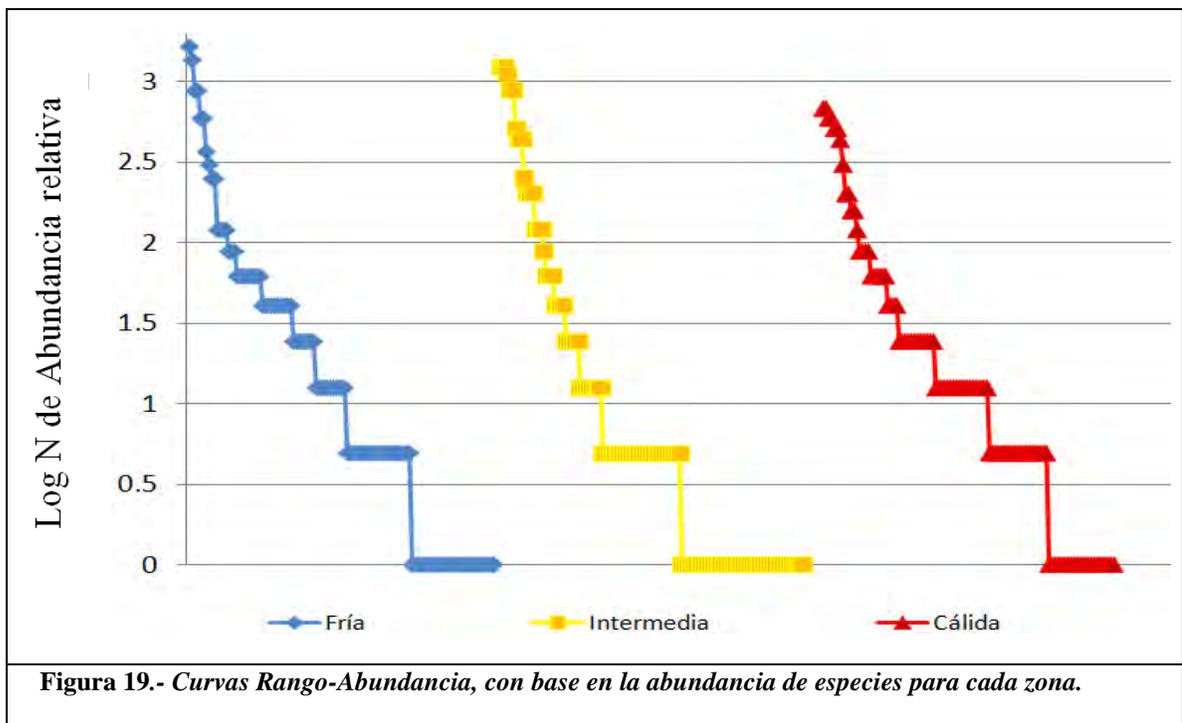
Figura 18.- Agrupación por Escalamiento Multidimensional No Métrico de los sitios por especies. La línea diagonal (amarilla) separa la mayor parte de los sitios cálidos (rojos), que se agrupan en los valores positivos del componente multidimensional 2 (Eje Y) y en la parte de los valores negativos se encuentran los sitios fríos (azules). Los sitios intermedios (verdes) se encuentran al centro y también dispersos por todo el espacio multidimensional. Las especies ruderales del área de estudio : *Oenothera rosea* (OnRo) y *Eleusine indica* (Eleusine), *Nicotiana glauca* (NiGla) *Dyssodia tagetiflora* (DyTa), *Prosopis laevignata* (Prosopis), *Sida rhombifolia* (SiHa), *Buddleja sessiflora* (BudSe), *Tithonia tubiformis* (TiTu), *Solanum americanum* (So), *Cenchrus clandestinum* (PeCl), *Dyssodia tagetiflora* (DyTa), *Amaranthus hybridus* (AmHy), *Malva crispa* (MaCr), *Lepidium virginicum* (LeVi), *Nicandra physalodes* (NiPhy), *Sonchus oleraceus* (SonAs), *Conyza bonariensis* (Conyza), *Melinis repens* (MeRe), *Leonotis nepetifolia* (LeNe), *Anoda cristata* (AnCri), *Argemone ochroleuca* (ArOch).

Con este análisis, los datos reflejan poca agrupación entre los sitios con base en las especies que contienen. Los sitios se encuentran muy dispersos y a la vez muy próximos a otros pertenecientes a zonas distintas. Las especies presentan poca exclusividad por alguna de las zonas. Para el caso de *N. glauca*, *Prosopis laevignata*, *Buddleia sessiflora* y *Tithonia tubiformis* se encuentran más próximos con los sitios cálidos. En los sitios fríos *Eleusine indica*, *Oenothera rosea* y *Sida rhombifolia*. Con base en el NDMS, la densidad de los sitios del análisis de discriminantes y la proximidad de algunas especies a sitios específicos sugiere una diferenciación entre las zonas con base en la cobertura de las algunas especies en los sitios. Para encontrar esas diferencias se decidió explorar los datos mediante las curvas de rango abundancia o diagrama de diversidad-dominancia.

Curvas de rango y abundancia de especies

Las curvas de rango-abundancia permiten comparar la riqueza de especies (número de puntos), sus abundancias relativas (valor), la forma de las curvas (equitatividad) y la secuencia de cada una de las especies que componen la comunidad sin perder su identidad (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Las curvas se construyeron con el logaritmo decimal de la cobertura que presentaron las especies, y se ordenaron, de la más abundante hasta la más escasa (Fig. 19)

Las curvas de rango-abundancia para las zonas no presentan diferencia significativa de la pendiente entre ellas, por lo que la distribución de especies dominantes, frecuentes y raras, es similar.



En las curvas se aprecia también la identidad de las malezas para cada una de las tres zonas.

En la composición de las 10 especies de malezas con mayor incidencia y mayor cobertura para cada zona, encontramos que la identidad de las malezas dominantes cambia según las zonas (Fig. 20).

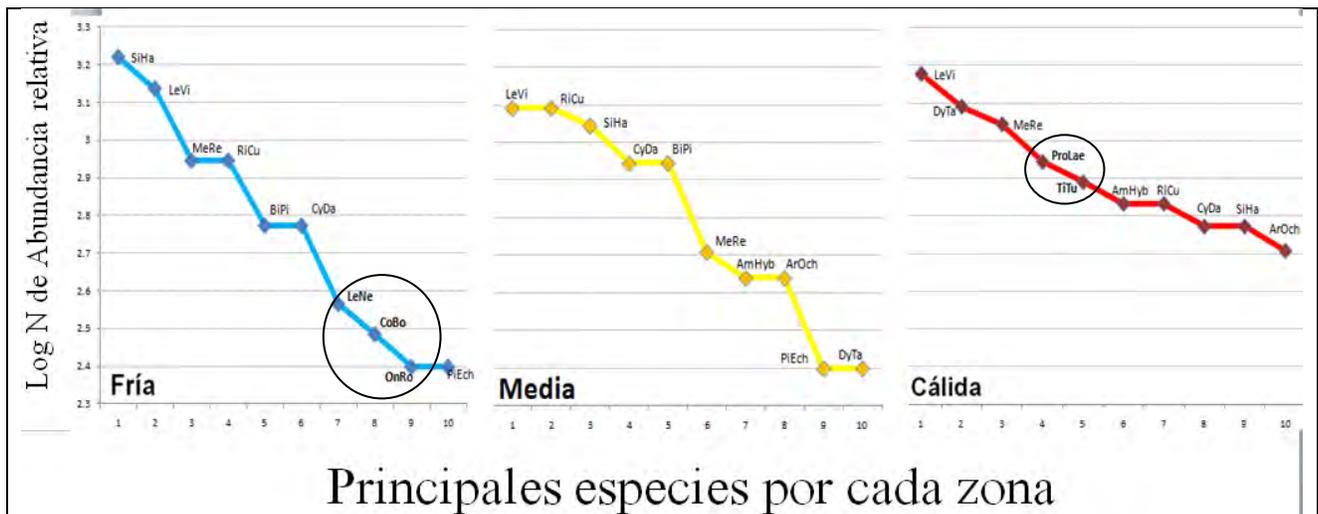


Figura 20.- Curvas Rango-Abundancia de principales especies de mayor abundancia por zona. Para la zona fría desta *Leonotis nepetifolia* (LeNe), *Conyza bonariensis* (Cony), *Oenothera rosea* (OnRo). Para la cálida, *Prosopis laevis* (ProsLae) y *Tithonia tubiformis* (TiTu). El resto de especies se comparten en dos o mas zonas.

Como resultado se aprecia que existe dominancia de algunas especies, y que las distintas especies dan diferentes ensambles de especies para cada zona. *Conyza bonarensis*, *Leonotis nepetifolia* y *Oenothera rosea* fueron más dominantes en la zona fría, mientras que *Prosopis laevigata* y *Tithonia tubiformis* lo fueron en la zona cálida. La curva para la zona cálida, si bien no difiere significativamente con las demás zonas ($F=0.9282$, $p=0.4075$), tiene una menor pendiente. Esto nos lleva a considerar que es la más estable en términos de su diversidad y dominancia de especies principales que las otras zonas.

También se nota que la identidad y rango de las especies difiere, por ejemplo *Sida hankeana* tiene el primer lugar en la zona fría, mientras que tiene el tercero en la media y ni siquiera aparece entre las primeras cinco en la zona cálida.

Con respecto a las variables del suelo, encontramos que el potencial de hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica (CE) y la presencia de cascajo no presentaron diferencias significativas entre ninguna de las zonas térmicas (Cuadro 11).

Cuadro 11.- Diferencias edafológicas entre zonas con distinta zonificación térmica.

Diferencia entre	pH			Conductividad eléctrica (CE)		
	Fría	Media	Cálida	Fría	Media	Cálida
Valor	7.14±0.44	7.30±0.32	7.21±0.54	63.46±25.44	70.48±17.17	68.2±22.52

III.5 Discusión

Diversidad de la flora ruderal

Las relaciones de las especies con las distintas zonificaciones térmicas de Morelia, Michoacán, indicaron que hay diferencias entre las zonas, aunque no entre las que presentan mayor contraste térmico. Las menores temperaturas y mayor humedad que presentaron ZF, esta zona presento 1 °C más de temperatura promedio y hasta de 4% de más humedad que en comparación con ZC (Capítulo 1). Las zonas cálida e intermedia resultaron similares en cuanto a sus valores hidrotérmicos (Capítulo. 1) Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en términos de composición y diversidad de especies.

De las tres zonificaciones térmicas reconocidas, la zona intermedia fue la que presentó valores más bajos para las variables de diversidad, la zona fría y la cálida no presentaron diferencia significativa (Cuadro 10). Esta situación no era la esperada, ya que considerábamos que la mayor diferencia la encontraríamos entre las zonas con regímenes térmicos de mayor contraste (ZF vs ZC) y no entre las zonas con zonificación térmica similar (ZC y ZM).

El mayor contraste en términos de riqueza, diversidad y especies frecuentes y dominantes entre las zonas, lo encontramos entre la zona fría y la media. Los patrones de cobertura y la distribución de la cobertura de las especies son similares entre las zonas cálida y fría, a pesar de las distintas condiciones de los sitios del área de estudio.

Los valores más bajos en riqueza y diversidad fueron encontrados en la zona media de la ciudad. Estos resultados coinciden con los que Vibrans (1998) encontró que en la parte central de la zona metropolitana de la ciudad de México. Consideramos que esta diferencia podría deberse a que en la zona media hay mayor perturbación, atribuible al pisoteo, rodamiento de vehículos y al manejo que reciben las áreas verdes en el centro de la ciudad. Es importante mencionar que la zona media (ZM) incluye el Centro Histórico de Morelia, que posee una gran importancia

turística, ya que es patrimonio mundial de la humanidad (UNESCO, 2012). Aunque, sin presentar diferencias significativas, los parámetros de riqueza y diversidad presentaron valores más altos en la parte sur de la ciudad, esto podría deberse a que existen distintos usos de suelo (más residencial que comercial) y a los remanentes de zonas forestales (parques y áreas protegidas) ahí establecida.

Esta diferencia no podría atribuirse al muestreo realizado en este trabajo dado que con los 89 relevés, consideramos fue suficiente y adecuado para el área de estudio. Así lo sugiere la asíntota de la curva de acumulación de especies (Fig. 7), la cual coincide con los resultados de riqueza de especies obtenidos de otros trabajos realizados para el área de estudio y fuera de ella (Chávez-Carbajal y Guevara-Féfer, 2003; Saucedo, 2002; Santillán, 1995). Esta situación refleja que la mayoría de las especies ruderales son capaces de cubrir los espacios disponibles en los ambientes urbanos (Espinosa-García *et al.*, 2009).

La equitatividad implica el grado de la distribución de la abundancia (número de individuos, cobertura o biomasa) de las especies; para este indicador se encontró que existen diferencias entre las tres zonas (Cuadro 10). Para esta variable, la mayor diferencia se encontró entre las zonas con mayor contraste térmico, es decir la fría y la cálida.

Aunque no siendo exclusivas de alguna zonificación térmica, en este estudio se encontraron *Aldama dentata* y *Calyptocarpus vialis*, especies son de tierra caliente y de recién aparición en la zona del Bajío (Calderón y Rzedowski, 2004). Consideramos que su llegada se debe principalmente al mayor comercio en la región por las actividades entre el puerto de Lázaro Cárdenas y la capital del estado de Michoacán, Morelia; también puede deberse a cambios en el aumento de la temperatura en la región, debido al calentamiento global (Calderón y Rzedowski, 2004). Este escenario contribuye a la idea de que las ciudades pueden servir como fuente de inóculo de esas especies, si hay cambios en los regímenes de perturbación en las zonas

adyacentes a las ciudades origen (Lippe y Kowarik, 2008 ; Rooney, 2005), o con el aumento de temperatura debido al cambio climático (IPCC, 2007).

Patrones en la distribución de malezas y la zonificación térmica

Distintos estudios florísticos de malezas ruderales en zonas urbanas se enfocan a aspectos intrínsecos de la vegetación, como son composición, origen o hábito (Altay *et al.*, 2010; Ricotta *et al.*, 2010), sin relacionarlos con otros aspectos ambientales (Zhang *et al.*, 2010). En México existen trabajos sobre inventarios florísticos urbanos de ciudades con climas templados. En estos estudios se busca encontrar patrones o relaciones de establecimiento principalmente en términos de su taxonomía (Vibrans, 1998) o su “estatus migratorio” (Martínez-De La Cruz, I. 2010; Ricotta *et al.*, 2010). Poco se ha estudiado sobre su relación respecto al manejo o uso de suelo en México u otras partes del mundo (Bigirimana *et al.*, 2011; Dana *et al.*, 2002).

Los patrones observados en los análisis de agrupación y clasificación de especies, reflejaron poca diferencia entre la zonificación térmica. Los análisis de agrupación de las malezas, con base en los datos ambientales, distinguen solo algunos sitios de la ZF del resto de las zonas (Figura 14 y 15). Los datos de composición y diversidad de la ZF, en términos generales, no difieren de los de la ZC, pero contrariamente a lo esperado, se distinguen los de la zona media, cuyos valores para los parámetros estudiados son los menores en el área de estudio. Los sitios de las tres zonas, agrupados mediante la presencia o cobertura de las especies, se mezclan, apenas la mitad de los sitios se agruparon para cualquiera de las zonas (Figs. 13 y 14). Los análisis discriminantes ayudaron a separar de mejor forma las tres zonas (Figs. 16 y 17), lo que robusteció las diferencias de equitatividad detectadas, implicando la distribución diferencial de especies, pero estas diferencias son poco explicadas por los ejes discriminantes, debido al bajo porcentaje de la variación explicada (35%). Valle- Díaz y colaboradores (2009) consideran que la vegetación en

el Valle de Morelia está fuertemente influida los vientos provenientes del suroeste y la altitud. Pero en los sitios de muestreo presentan poca diferencia de altitud y los vientos presentan mayores intensidades en verano, momento en el cual justo no se evidencia diferencia térmica alguna entre las zonas (Fig. 2).

En el NMDS, un método de ordenación que tiende a linealizar la relación entre las distancias ambientales y las distancias biológicas, se puede apreciar que la mayoría de los sitios calientes se encuentran predominantemente en los valores positivos y la mayoría de los sitios fríos ocupan los valores negativos del componente multidimensional ordenado (Fig. 18). Por tanto, consideramos que con este análisis, el arreglo de las malezas muestra una tendencia de acuerdo a un gradiente pequeño de temperaturas.

La diferenciación florística de las malezas ruderales en las distintas zonas térmicas de Morelia no parece ser explicada totalmente por las diferencias de temperatura. Si bien en los análisis de agrupación y componentes principales se encontraron diferencias entre las distintas zonas, los ejes tenían un bajo porcentaje de explicación. Sin embargo, tanto en el análisis de discriminantes como en el NMDS se nota una discreta agrupación que consideramos consistentes con los indicadores de equitatividad y las curvas de rango-abundancia (Fig. 19). Para el caso de la cobertura de algunas especies, encontramos que variaban con la zona térmica en que se desarrollaban.

Las curvas de rango-abundancia muestran que la estabilidad de los ensambles e identidad de las principales malezas dominantes, que son distintas dependiendo de la zona en la que se encuentran (Fig. 20). La pendiente mayor de la curva rango-abundancia de las zonas ZF y ZM presentan una dominancia de especies similar, pero en ZC fue mayor. Esa situación indica que ZC presenta mucha más estabilidad en el ensamble de especies principales. La curva para la zona

cálida tiene una menor pendiente, lo que sugiere que la dominancia de especies es menor que en las otras zonas.

III.6 Conclusiones

1. Las agrupaciones de malezas de la zona fría y cálida fueron similares en términos de la mayoría de los indicadores de riqueza y biodiversidad.
2. La zona intermedia es la que presentó valores más bajos en términos de incidencia, cobertura y diversidad.
3. Los análisis de agrupación y clasificación en los sitios, con base en la cobertura de malezas indican poca diferenciación de florística entre las zonas térmicas, la diferenciación estadística plena requiere de un tamaño de muestra mayor, debido a la gran variabilidad florística entre los sitios.
4. Los indicadores de equitatividad y curvas de rango-abundancia permitieron distinguir que las especies principales de malezas presentaban dominancia diferencial, según la zona térmica en que se encontraban.

III.7 Literatura citada

- Altay, V., Özyiğit, I y Yarci, C. (2010). “Urban ecological characteristics and vascular wall flora on the Anatolian side of Istanbul, Turkey”. En *Maejo International Journal of Science and Technology*, 4: 483-495.
- Baselga, A. (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, Global Ecol. Biogeogr 19: 134–143.
- Bastin, L. y Thomas C. (1999). “The distribution of plant species in urban vegetation fragments”. En *Landscape Ecology*, 14: 493-507.
- Bigirimana, J., Bogaerta, J., De Canniere, C., Lejolya, J. y Parmentier, I. (2011). “Alien plant species dominate the vegetation in a city of Sub-Saharan Africa”. En *Landscape and Urban Planning*, 100: 251–267.
- Bijoor, N., Czimeczik, C., Pataki, D. y Billings, S. A. (2008). “Effects of temperature and fertilization on nitrogen cycling and community composition of an urban lawn”. En *Global Change Biology*, 14: 2119-2131.
- Calderón de Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (2004). *Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario XX. Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Chávez-Carbajal, M. y Guevara-Fefer, F. (2003). “Flora arvense asociada al cultivo de maíz de temporal en el valle de Morelia, Michoacán, México”. En *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario XIX. Instituto de Ecología A.C., Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán.
- Colwell, R., Mao, C. y Chang, J. (2004). “Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves”. En *Ecology*, 85: 2717-2727.
- Dahlquist, R., Timothy, P. y Stapleton, J. (2007). “Time and Temperature Requirements for Weed Seed Thermal Death”. En *Weed Science*, 55(6): 619-625.
- Dana, E., Vivas, S. y Mota, J. (2002). Urban vegetation of Almería City - A contribution to urban ecology in Spain. En *Landscape and Urban Planning*, 59: 203-216

- Espinosa-García, F. J., Villaseñor, J. L. y Vibrans, H. (2009). “Biodiversity, Distribution, and Possible Impacts of Exotic Weeds in Mexico”. En Van Devender T., Espinosa-García F. J., Harper-Lore, B. L. y Hubbard T. (eds.). *Invasive Plants on the Move. Controlling them in North America*. University of Arizona Press, Tucson, Arizona, Estados Unidos.
- Fahrig, L. (2003). “Effects of habitat fragmentation on biodiversity”. En *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-515.
- Gong, W., Xie, B., Wan, F. y Guo, J. (2010). “Molecular cloning, characterization, and heterologous expression analysis of heat shock protein genes (hsp70 and hsp90) of the invasive alien weed, *Ageratina adenophora* (Asteraceae)”. En *Weed Biology and Management*, 10: 91-101.
- Hammer, Ø., Harper, D. y Ryan, P. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis (PAST). *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report*. Cambridge University, Cambridge, Reino Unido.
- Jáuregui, E. (2005). “Possible impact of urbanization on the thermal climate of some large cities in Mexico”. En *Atmósfera*, 18: 249-252.
- Lippe, M. y Kowarik, I. (2008). Do cities export biodiversity? Traffic as dispersal vector across urban-rural gradients. En *Diversity and Distributions*. 14: 18-25
- Martínez-De La Cruz, I. (2010). *Flora y vegetación ruderal de Malinalco, Estado de México*. (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Naranjo, E. J. y Dirzo, R. (2009). “Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna”. En Dirzo, R., González, R., y March, I. J. (comps.). *Capital Natural de México. Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México. Pp. 247-276.
- Podani, J. (2005). Multivariate exploratory analysis of ordinal data in ecology: Pitfalls, problems and solutions. En *Journal of Vegetation Science*, 16: 497-510.
- R Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

- Rapoport, E. y López-Moreno, I. (1987). *Aportes a la ecología urbana de la ciudad de México*. Limusa. México.
- Ricotta, C., Godefroid, S. y Rocchini, D. (2010). “Patterns of native and exotic species richness in the urban flora of Brussels: rejecting the ‘rich get richer’ model”. En *Biological Invasions*, 12: 233-240.
- Rodríguez-Fuentes., H. y Rodríguez-Absi, J.(2002). *Métodos de análisis de suelos y plantas*. Trillas. México.
- Rooney, T. (2005). Distribution of ecologically invasive plants along off-road vehicle trails in the Chequamegon National Forest, Wisconsin. En *The Michigan Botanist* 44:178-182.
- Santillán, E. (1995). *Deterioro por la vegetación en las construcciones de la zona de monumentos históricos de la Ciudad de Morelia, Michoacán, México*. (Tesis profesional). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Saucedo, C. (2002). *Diagnóstico ambiental de las áreas de preservación Ecológica (Decreto 1984) en Morelia, Michoacán, México*. (Tesis profesional). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Seebens, H., Blackburn, T., Dyer, E., Genovesi, P., Hulme, P., Jeschke, J., Pagad, S., Pyšek, P., Winter, M., Arianoutsou, M., Bacher, S., Blasius, B., Brundu, G., Capinha, C., Celesti-Grapow, L., Dawson, W., Dullinger, S., Fuentes, N., Jäger, H., Kartesz, J., Kenis, M., Kreft, H., Kühn, I., Lenzner, B., Liebhold, A., Mosena, A., Moser, D., Nishino, M., Pearman, D., Pergl, J., Rabitsch, W., Rojas-Sandoval, J., Roques, A., Rorke, S., Rossinelli, S., Roy, H.E., Scalera, R., Schindler, S., Štajerová, K., Tokarska-Guzik, B., Kleunen, M., Walker, K., Weigelt, P., Yamanaka y Essl, F. (2016) No saturation in the accumulation of alien species worldwide. En *Nature Communications* 8: 1-9.
- Teillet, P. M., Guindon, B. y Goodeonugh, D. G.. (1982). “On the slope-aspect correction of multispectral scanner data”. En *Canada Journal of Remote Sensing*, 8: 84-106.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2012). *El patrimonio de la humanidad*. Blume. España.
- Valle-Díaz, O., Blanco-García, A., Bonfil, C., Paz, H. y Linding-Cisneros, R. (2009). “Altitudinal range shift detected through seedling survival of *Ceiba aesculifolia* in an area

under the influence of an urban heat island”. En *Forest Ecology and Management*, 258: 1511-1515.

Vibrans, H. (1998). “Urban weeds of Mexico City. Floristic composition and important families”. En *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica*, 69: 37-69.

Voogt, J. y Oke, T. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86: 370–384.

Weng, Q., Lu, D. y Schubring, J. (2004). “Estimation of land surface temperature –vegetation abundance relationship for urban heat island studies”. En *Remote Sensing of Environment*, 89: 467-483.

Zhang, X., Zhong, T., Feng, X., y Wang, K. (2009). “Estimation of the relationship between vegetation patches and urban land surface temperature with remote sensing”. En *International Journal of Remote Sensing*, 30: 2105-2118.

Zhang, K., Wang, R., Shen, C. y Da, L. (2010). “Temporal and spatial characteristics of the urban heat island during rapid urbanization in Shanghai, China”. En *Environment Monitory Assessment*, 169: 101–112.

Ziska, L. H., George, K. y Frenz, D. A. (2007). “Establishment and persistence of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in disturbed soil as a function of an urban–rural macro-environment”. En *Global Change Biology*, 13: 266-274.

Discusión General

En Morelia, Michoacán, la temperatura en invierno presente en diferentes zonas, no se distribuye de acuerdo a lo esperado con una Isla de Calor Urbano. La temperatura no disminuye del centro a la periferia de la ciudad, por lo que no hay un efecto de ICU evidente. Es probable que el efecto de ICU no se manifieste en Morelia debido principalmente al relieve de la ciudad y las áreas forestales presentes. Conforme el crecimiento de la zona urbana continúe y las actuales áreas forestales desaparezcan, se podría detectar el efecto de ICU (Arnfield, 2003), pero esto actualmente no ocurre. Las imágenes térmicas y los sensores hidrotérmicos corroboraron que en Morelia Michoacán, el mayor contraste térmico se presenta durante el invierno, y que en la parte sur de la ciudad se ubican los valores más bajos en temperatura y los valores mayores en humedad relativa (ZF). Esta parte de la ciudad se caracteriza por ser donde se encuentran las principales áreas verdes públicas forestadas.

Las zonas con mayor contraste térmico (ZC y ZF) diferían muy poco en magnitud como para condicionar el establecimiento de una especie en una u otra zona (Capítulo 1). Esto lleva a pensar que la cobertura y distribución de ruderales en Morelia, no parece estar condicionada o ser suficiente para causar diferencias entre las especies presentes en las zonas térmicas. Si bien la temperatura puede estar influida por los vientos dominantes provenientes del suroeste y la altitud, dentro de la ciudad de Morelia se presenta poca diferencia de altitud y los vientos presentan mayores intensidades en verano, momento en el cual justo no se evidencia diferencia térmica alguna entre las zonas (Fig. 2).

La cantidad de especies ruderales encontradas fue mayor a las encontradas en otros estudios florísticos para la misma zona (Santillán, 1995; Vázquez, 1997) y similar a las reportadas en extensiones mayores dentro de la región (Chávez-Carbajal y Guevara-Fefer, 2003; Saucedo,

2002). Estos resultados respaldan que las ciudades tienen la capacidad para albergar igual o mayor diversidad de especies que algunos ambientes conservados (Santillán, 1995). Nuestro estudio fortalece la idea de que la homogeneización biótica (McKinney, 2006) no es muy fuerte en México, ya que en su mayoría son especies nativas las que sobreviven y logran persistir con mayor cobertura en ambientes perturbados, sin ser desplazadas por las especies introducidas.

Si bien la diferencia de temperatura entre algunos puntos y otros dentro de la ciudad llegó a ser de hasta 20⁰C, se encontró que la diferencia entre las zonas durante el invierno era en promedio de tan solo 1⁰C entre las zonas de mayor contraste (Capítulo 1). De acuerdo con esta situación resalta que existen diferencias entre las zonas y pueden implicar diferencias significativas en el desempeño de algunas de las especies de malezas que se desarrollan en ellas (Cuadro 1).

Esperábamos encontrar que en la composición de especies, o alguno de los parámetros o índices de diversidad, se presentaran diferencias entre las zonas con mayor contraste térmico (ZF y ZC), pero esto no fue así, ya que fue la zona intermedia presentó valores menores al resto de área de estudio. Esta situación deja ver que en esta zona de la ciudad, está ocurriendo algún proceso que inhibe el desempeño de la especies ruderales en ella y genera diferencias significativas. Consideramos que estas diferencias se deben a que podría estar ocurriendo un proceso de selección de malezas por el manejo que se les proporciona en el centro de la ciudad por parte de la Dirección de Parques y Jardines del municipio, que proporciona un constante manejo y mantenimiento, debido a que las áreas verdes del Centro Histórico de Morelia es zona turística y patrimonio mundial de la Humanidad (UNESCO, 2012)

La composición de especies encontradas en las zonas resulto parecida. Las diferencia entre zonas se encontró en las curvas de rango-abundancia, que si presentaron especies dominantes

distintas para cada zonificación térmica, esto sugiere que para cada zona estudiada hay una cobertura y estabilidad distinta entre las especies ruderales.

La heterogeneidad de los sitios urbanos hace difícil la interpretación ecológica de la distribución de las especies. Es por ello que el presente estudio es novedoso y contribuye a la búsqueda de patrones espaciales de la vegetación ruderal con respecto a la zonificación térmica en las ciudades, aspecto que no se había estudiado antes.

Conclusiones Generales

1. En la zonificación térmica de Morelia, Michoacán, no se aprecia un efecto de “Isla de Calor Urbano” (ICU) y las áreas que presentan las temperaturas más bajas están asociadas a partes forestales de la ciudad.
2. Las familias más importantes, por su número de especies fueron Poáceae y Asteráceae.
3. El porcentaje de especies nativas fue mayor que el de introducidas.
4. Los ensambles de especies ruderales de las zonas con mayor contraste térmico (ZF y ZC) fueron muy similares.
5. La zona media fue la que presentó valores más bajos para la mayoría de los indicadores de riqueza y diversidad.
6. La zonificación térmica en Morelia no está determinando la distribución de malezas ruderales presentes, ya que la incidencia, cobertura y diversidad en las zonas de mayor contraste térmico no difieren significativamente.
7. Cada zona presentó una distinta ordenación de las especies principales en curvas de rango-abundancia.

Bibliografía

- Ángel, S., Parent J., Civco, D. L. y Blei, A. M. (2012). *Atlas of Urban Expansion*, Cambridge MA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Arnfield, A. (2003). “Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island”. En *International Journal of Climatology*, 23: 1-26.
- Benvenuti S. (2004). “Weed dynamics in the Mediterranean urban ecosystem: ecology, biodiversity and management”. En *Weed Research*, 44: 341-354.
- CANEI (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras). (2010). *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Conabio, Conanp, Semarnat. México.
- CDB. (Convenio sobre Diversidad Biológica). (2009). *Conferencia de las Partes COP 6, Decisión VI/22: Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies*. Convenio sobre Diversidad Biológica.
- Chávez-Carbajal, M. y Guevara-Fefer, F. (2003). “Flora arvense asociada al cultivo de maíz de temporal en el valle de Morelia, Michoacán, México”. En *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario XIX. Instituto de Ecología A.C., Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán.
- De la Lanza-Espino, G., S. Hernández-Pulido y J. L. Carbajal-Pérez (compiladores). 2011. *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdés Editores, México, D. F. 643 p.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2010). “Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la LGEEPA y de la LGVS”. En *Diario Oficial de la Federación*, 6 de abril de 2010.
- Fahrig, L. (2003). “Effects of habitat fragmentation on biodiversity”. En *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487- 515.
- Grime J. P. (1979). *Plant strategies and vegetation process*. Chichester, New York: John Wiley.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*, Marco Geoestadístico 5.0.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report*. Cambridge University, Cambridge, Reino Unido.
- Liu, Z., He, C., Zhou, Y. y Wu J. (2014). “How much of the world’s land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion”. En *Landscape Ecology*, 29: 763-771.
- MacGregor, I. Morales-Pérez, L. y Schondube, J. E. (2011). “Does size really matter? Species-area relationships in human settlements”. En *Diversity and Distributions*, 17(1): 112.
- McKinney, M. L. (2006). “Urbanization as a major cause of biotic homogenization”. En *Biological Conservation*, 127: 247-260.
- Naranjo, E. J. y Dirzo, R. (2009). “Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna”. En Dirzo, R., González, R., y March, I. J. (comps.). *Capital Natural de México. Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México. Pp. 247-276.
- Puga, N., Corral, J., González, D., Nuñez, G., Padilla, F. y Contreras, S. (2011). “Development cardinal temperatures of the planting-emergence stage for 11 forage grasses”. En *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(3): 347-357.
- Rapoport, E. y López-Moreno, I. (1987). *Aportes a la ecología urbana de la ciudad de México*. Limusa. México.
- Rapoport, E., Díaz-Betancourt, M. y López-Moreno, I. (1983). *Aspectos de la ecología urbana en la ciudad de México: flora de las calles y baldíos*. Limusa. México.
- Richardson, D., Pysek, P., Rejmánek, M., Barbour, M., Panetta, D. y West, C. (2000). “Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions”. *Diversity and Distributions*, 6: 93-107.
- Rodríguez-Fuentes., H. y Rodríguez-Absi, J. (2002). *Métodos de análisis de suelos y plantas*. Trillas. México.

- Santillán, E. (1995). *Deterioro por la vegetación en las construcciones de la zona de monumentos históricos de la Ciudad de Morelia, Michoacán, México*. (Tesis profesional). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Saucedo, C. (2002). *Diagnóstico ambiental de las áreas de preservación Ecológica (Decreto 1984) en Morelia, Michoacán, México*. (Tesis profesional). Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2012). *El patrimonio de la humanidad*. Blume. España.
- Vibrans, H. (1998). "Urban weeds of Mexico City. Floristic composition and important families". En *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica*, 69(1): 37-69.
- Weng, Q., Lu, D. y Schubring, J. (2004). "Estimation of land surface temperature –vegetation abundance relationship for urban heat island studies". En *Remote Sensing of Environment*, 89: 467-483.

ANEXO 1. “Sitios donde se registró temperatura y humedad relativa“

ID	Sitio	Coordenadas		Mínimo °C	Promedio Tem	Máximo °C	Cantidad de horas a:					
		LATI	LONGI				+40°C	+35°C	+30°C	-15°C	-10°C	-5°C
ZF_ANP	ANP "Francisco Zarco"	274393	2177947	5.23	17.48	31.77	0	0	32	893	141	0
ZF01	CNA-Mega Camelinas	267880	2176890	4.89	17.72	32.32	0	0	23	786	129	1
ZF03	Cañada Escaleras	269764	2177178	4.88	17.82	34.12	0	0	20	791	139	3
ZF05	Antes Baldío Fresa	270400	2177595	4.48	17.27	36.5	0	9	29	843	169	3
ZF14	Calle Ensayo	275157	2178022	6.33	18.30	35.48	0	1	15	719	66	0
ZF15	Cumbres las Américas	275642	2177990	5.25	17.08	29.99	0	0	0	821	110	0
ZF16	Paradero. "Cumbres"	275050	2178146	3.74	17.52	33.42	0	0	27	846	188	4
ZF17	Xangari, Sal Pátzcuaro	267380	2177170	5.74	17.96	33.2	0	0	27	731	88	0
ZF28	UNIDEM Loma StaMa	274391	2177895	5.29	17.67	30.95	0	0	2	777	134	0
ZMVias	xVias Cromo y Cobalto	270480	2181060	4.98	18.40	38.32	0	31	85	736	107	1
ZM02	Mueblería a Charo	273630	2181114	5.56	18.59	35.27	0	1	64	667	79	0
ZM03	INEGI	269904	2180597	6.22	18.62	31.24	0	0	11	633	69	0
ZM04	Entre Edificios	270085	2180548	6.99	19.02	33.58	0	0	43	562	28	0
ZM05	Cromo y Galena, xVias	270401	2181074	5.44	18.35	31.35	0	0	6	677	78	0
ZM06	Semaforo H. Nocupetaro	270023	2180632	5.38	17.32	32.48	0	0	7	799	116	0
ZM07	Triangulo CHEDRAUI	270373	2180859	6.03	19.03	32.69	0	0	47	610	54	0
ZM10	Milpa Sal. Sal y Periferico	270570	2182273	4.9	18.89	33.69	0	0	58	662	108	1
ZM19	Lomas St.gito	271579	2182255	5.47	19.55	36.75	0	12	183	654	70	0
ZM20	CANADA y Libramiento	271790	2181918	5.61	18.77	34.71	0	0	77	669	96	0
ZM27	EspectacularXBremauntz	271300	2181818	5.31	19.05	33.15	0	0	43	649	88	0
ZC02	COCA, Av. Constituyentes	266825	2182725	5.73	18.22	30.76	0	0	9	647	68	0
ZC08	Paradero "Alberca"	267110	2186174	4.23	17.36	31.39	0	0	2	784	158	1
ZC11	WalmartX Libramiento	267206	2182920	4.43	18.68	36.46	0	2	74	649	82	1
ZC12	INFONAVIT Carrillo	265857	2181184	5.52	18.97	38.29	0	22	126	656	87	0
ZC14	Torreon Nuevo y periferico	269780	2182536	5.34	18.95	33.76	0	0	71	642	77	0

Mapa de la ubicación de los sensores hidrotermicos



ANEXO 2. “Listado de especies”.

Familias de las especies coelctadas durante el mes de Octubre del 2011 y Marzo del 2012

Exotica: 0= Introducida 1= Nativa

Ruderal: 0= Ruderal 1=Arvense **ND**=No disponible **Mixto**=Tanto ruderal como arvense

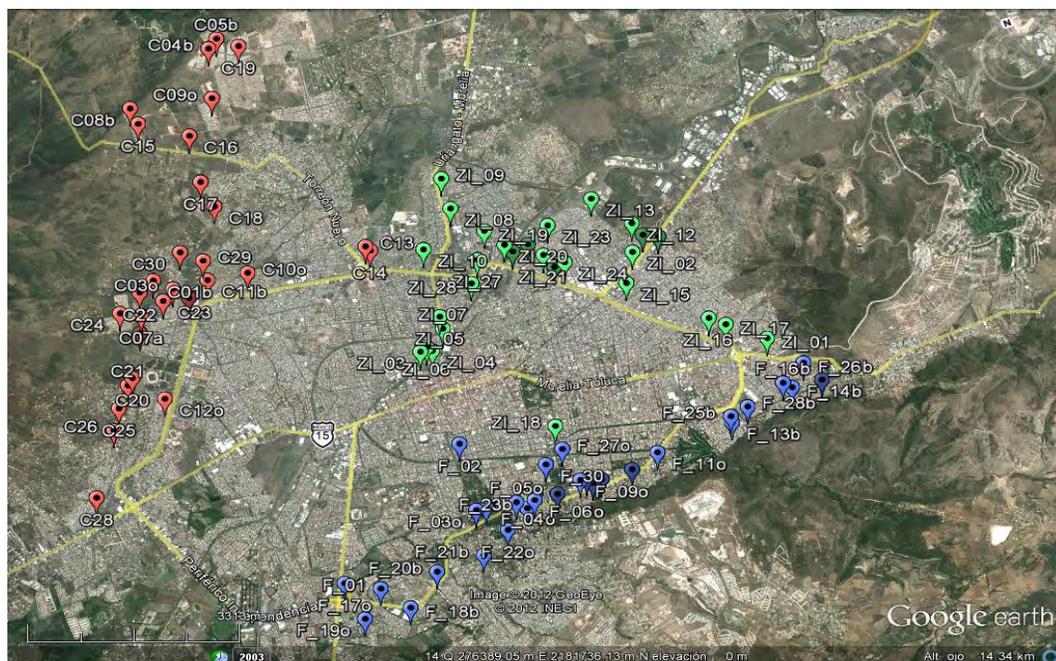
Familia	Especie	Exotica	Forma	Ruderal	Ciclo
Acanthaceae	<i>Justicia caudata</i> A. Gray	0	Caméfita	0	Anual
Acanthaceae	<i>Tetramerium nervosum</i> Nees	0	Caméfita	1	Perenne
Amaranthaceae	<i>Amaranthus cruentus</i> L.	0	Caméfita	Mixto	Anual
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	0	Caméfita	Mixto	Anual
Amaranthaceae	<i>Gomphrena serrata</i> L.	0	Caméfita	Mixto	Anual
Apiaceae	<i>Tauschia humilis</i> J.M. Coult. & Rose	0	Caméfita	ND	Anual
Asteraceae	<i>Adenophyllum cancellatum</i> (Cass.) Villarreal	0	Hemicriptófita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Aldama dentata</i> La Llave	0	Hemicriptófita	0	Anual
Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i> Willd.	0	Criptófita	1	Perenne
Asteraceae	<i>Bidens bigelovii</i>	0	Hemicriptófita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Bidens aurea</i> (Aiton) Sherff	0	Caméfita	Mixto	Perenne
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i> Cav.	0	Hemicriptófita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	0	Hemicriptófita	1	Anual
Asteraceae	<i>Calypocarpus vialis</i> Less.	0	Caméfita	1	Perenne
Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	1	Hemicriptófita		Anual
Asteraceae	<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	0	Hemicriptófita	0	Anual
Asteraceae	<i>Desmodium uncinatum</i> (Jacq.) DC.	0	Hemicriptófita	0	Anual
Asteraceae	<i>Dyssodia tagetiflora</i> Lag.	0	Hemicriptófita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Fleischmannia pycnocephala</i> (Less.) R.M. King & H. Rob.	0	Caméfita	0	Perenne
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	0	Caméfita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	0	Caméfita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Helminthotheca echioides</i> (L.) Holub	1	Hemicriptófita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Lactuca serriola</i> L.	1	Caméfita	1	Anual
Asteraceae	<i>Melampodium microcephalum</i> Less.	0	Caméfita	0	Anual
Asteraceae	<i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth	0	Caméfita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Melampodium sericeum</i> Lag.	0	Caméfita	0	Anual
Asteraceae	<i>Parthenium bipinnatifidum</i> (Ortega) Rollins	0	Hemicriptófita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Porophyllum linaria</i> (Cav.) DC.	0	Caméfita	0	Anual
Asteraceae	<i>Sanvitalia angustifolia</i> Engelm. ex A. Gray	0	Caméfita	0	Anual
Asteraceae	<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze ex Thell.	0	Caméfita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i> L.	1	Caméfita	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Sigesbeckia jorullensis</i> Kunth	0	Caméfita	0	Anual
Asteraceae	<i>Simsia lagascaeformis</i> DC.	0	Hemicriptófita	0	Anual

Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	1	Hemicriptófitas	0	Anual
Asteraceae	<i>Stevia organoides</i> Kunth	0	Caméfitas	ND	Anual
Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i> Cav.	0	Caméfitas	1	Perenne
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	1	Hemicriptófitas	1	Perenne
Asteraceae	<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	0	Hemicriptófitas	Mixto	Anual
Asteraceae	<i>Verbesina serrata</i>	0	Caméfitas	ND	Perenne
Asteraceae	<i>Verbesina sphaerocephala</i>	0	Caméfitas	ND	Perenne
Asteraceae	<i>Viguiera dentata</i>	0	Caméfitas	1	Perenne
Asteraceae	<i>Zinnia haageana</i> Regel	0	Caméfitas	1	Anual
Asteraceae	<i>Zinnia peruviana</i> L.	0	Caméfitas	1	Anual
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i> L.	1	Hemicriptófitas	Mixto	Anual
Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	1	Hemicriptófitas	0	Anual
Brassicaceae	<i>Lepidium virginicum</i> L.	0	Hemicriptófitas	Mixto	Anual
Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.	1	Hemicriptófitas	Mixto	Anual
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	0	Hemicriptófitas	ND	Perenne
Commelinaceae	<i>Tripogandra amplexicaulis</i> (Klotzsch ex C.B. Clarke) Woodson	0	Criptófitas	1	Anual
Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i> Sw.	0	Caméfitas	0	Perenne
Convolvulaceae	<i>Ipomoea orizabensis</i> (G. Pelletan) Ledeb. ex Steud.	0	Caméfitas	Mixto	Perenne
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	0	Caméfitas	Mixto	Perenne
Cucurbitaceae	<i>Sicyos microphyllus</i> Kunth	0	Caméfitas	Mixto	Perenne
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	1	Hemicriptófitas	0	Perenne
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia peplus</i> L.	1	Caméfitas	Mixto	Anual
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia dentata</i> Michx.	0	Caméfitas	Mixto	Anual
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia lacera</i> Boiss.	0	Caméfitas	0	Anual
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia nutans</i> Lag.	0	Caméfitas	0	Anual
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia vermiculata</i> Raf.	0	Caméfitas	ND	Anual
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	1	Hemicriptófitas	0	Perenne
Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	0	Caméfitas	Mixto	Perenne
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.	1	Caméfitas	1	Perenne
Lamiaceae	<i>Salvia polystachia</i> Cav.	0	Caméfitas	Mixto	Perenne
Lamiaceae	<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	0	Caméfitas	1	Anual
Leguminosaeae	<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	0	Caméfitas	0	Anual
Leguminosaeae	<i>Dalea leporina</i> (Aiton) Bullock	0	Caméfitas	Mixto	Anual
Leguminosaeae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	0	Caméfitas	0	Perenne
Leguminosaeae	<i>Medicago lupulina</i> L.	1	Hemicriptófitas	Mixto	anual
Leguminosaeae	<i>Medicago polymorpha</i> L.	1	Hemicriptófitas	Mixto	anual
Leguminosaeae	<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) M.C. Johnst.	0	Fanerófitas	0	Perenne
Leguminosaeae	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	0	Hemicriptófitas	Mixto	Perenne
Leguminosaeae	<i>Trifolium repens</i> L.	1	Hemicriptófitas	1	Perenne
Loganiaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i> Kunth	0	Caméfitas	1	Perenne
Lytraceae	<i>Cuphea angustifolia</i> Jacq. ex Koehne	0	Caméfitas	0	Perenne
Malphigeaceae	<i>Gaudichaudia cycloptera</i> (DC.) W.R. Anderson	0	Caméfitas	1	Perenne

Malvaceae	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schldtl.	0	Caméfita	Mixto	Anual
Malvaceae	<i>Malva crispa</i> (L.) L.	1	Caméfita	1	Anual
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	0	Caméfita	0	Anual
Martyniaceae	<i>Proboscidea louisiana</i> (Mill.) Thell.	0	Caméfita	0	Anual
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i>	1	Caméfita	0	Anual
Nyctaginaceae	<i>Mirabilis jalapa</i> L.	0	Caméfita	1	Perenne
Onagraceae	<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	0	Caméfita	Mixto	Anual
Onagraceae	<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. ex Aiton	0	Caméfita	Mixto	Anual
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	0	Hemicriptófito	0	Perenne
Oxalidaceae	<i>Oxalis lunulata</i> Zucc.	0	Hemicriptófito	0	Perenne
Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet	0	Caméfita	Mixto	Anual
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	0	Caméfita	1	Perenne
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	1	Hemicriptófito	0	Anual
Poaceae	<i>Avena sativa</i> L.	1	Hemicriptófito	0	Anual
Poaceae	<i>Bothriochloa hirtifolia</i> (J. Presl) +	0	Hemicriptófito	ND	Perenne
Poaceae	<i>Bothriochloa hybrida</i> (Gould) Gould	0	Hemicriptófito	ND	Perenne
Poaceae	<i>Bothriochloa laguroides</i> (DC.) Herter	0	Hemicriptófito	ND	Perenne
Poaceae	<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	0	Hemicriptófito	Mixto	Anual
Poaceae	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	1	Hemicriptófito	Mixto	Perenne
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	1	Hemicriptófito	1	Perenne
Poaceae	<i>Cenchrus clandestinus</i> (Hochst. ex Chiov.) Morrone	1	Hemicriptófito	1	Perenne
Poaceae	<i>Chloris gayana</i> Kunth	1	Hemicriptófito	Mixto	Perenne
Poaceae	<i>Chloris radiata</i> (L.) Sw.	0	Hemicriptófito	1	Perenne
Poaceae	<i>Chloris rufescens</i> Lag.	0	Hemicriptófito	Mixto	Perenne
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	1	Hemicriptófito	Mixto	Perenne
Poaceae	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	1	Hemicriptófito	1	Anual
Poaceae	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	1	Hemicriptófito	0	Anual
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	1	Hemicriptófito	Mixto	Anual
Poaceae	<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.	0	Hemicriptófito	Mixto	Perenne
Poaceae	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	0	Hemicriptófito	Mixto	Anual
Poaceae	<i>Eragrostis pectinacea</i> (Michx.) Nees	0	Hemicriptófito	Mixto	Anual
Poaceae	<i>Eustachys submutica</i> (Kunth) Roem. & Schult.	0	Hemicriptófito	ND	Perenne
Poaceae	<i>Festuca perennis</i> (L.) Columbus & J.P. Sm.	1	Hemicriptófito	Mixto	Anual
Poaceae	<i>Lasiacis nigra</i> Davidse	0	Hemicriptófito	ND	Perenne
Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	1	Hemicriptófito	1	Perenne
Poaceae	<i>Panicum trichoides</i> Sw.	0	Hemicriptófito	Mixto	Anual
Poaceae	<i>Paspalum botterii</i> (E. Fourn.) Chase	0	Hemicriptófito	ND	Anual
Poaceae	<i>Paspalum convexum</i> Humb. & Bonpl. ex Flügge	0	Hemicriptófito	Mixto	Anual
Poaceae	<i>Paspalum denticulatum</i> Trin.	0	Hemicriptófito	1	Perenne
Poaceae	<i>Paspalum notatum</i> A. H. Liogier ex Flügge	0	Hemicriptófito	Mixto	Perenne
Poaceae	<i>Paspalum urvillei</i> Steud.	1	Hemicriptófito	Mixto	Perenne

Poaceae	<i>Paspalum setaceum</i> <i>var. ciliatifolium</i> (Michx.) Vasey	0	Hemicriptófita	ND	Perenne
Poaceae	<i>Setaria grisebachii</i> E. Fourn.	0	Hemicriptófita	Mixto	Anual
Poaceae	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	0	Hemicriptófita	Mixto	Perenne
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	1	Hemicriptófita	1	Perenne
Poaceae	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	1	Hemicriptófita	1	Perenne
Poaceae	<i>Zea mays var. parviglumis</i> Iltis & Doebley	0	Hemicriptófita	0	Anual
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	0	Fanerófita	0	Perenne
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i> L.	1	Hemicriptófita	Mixto	Perenne
Ranunculaceae	<i>Ranunculus dichotomus</i> Moc. & Sessé ex DC.	0	Hemicriptófita	0	Perenne
Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i> Moc. & Sessé ex DC.	0	Fanerófita	0	Perenne
Salicaceae	<i>Populus alba</i> L.	1	Fanerófita	ND	Perenne
Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	0	Fanerófita	ND	Perenne
Solanaceae	<i>Nicandra physalodes</i> (L.) Gaertn.	1	Fanerófita	1	Anual
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	1	Caméfita	1	perenne
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	0	Fanerófita	Mixto	Perenne
Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens & Galeotti	0	Fanerófita	Mixto	Perenne
Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i> Dunal	0	Fanerófita	1	Perenne
Verbenaceae	<i>Glandularia bipinnatifida</i> (Nutt.) Nutt.	0	Caméfita	0	Perenne
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	0	Fanerófita	1	Perenne
Verbenaceae	<i>Verbena litoralis</i> Kunth	0	Fanerófita	Mixto	Perenne
Vitaceae	<i>Vitis bourgaeana</i> Planch.	0	Caméfita	ND	Perenne

Mapa de los sitios de muestreo



ANEXO 3 “Características de los sitios de muestreo”

Para medir el pH de suelo saturado, se tamizo la muestra de suelo con una malla de 2 mm y se pesaron 10 g de suelo y se colocaron en un vaso de precipitado de 100 ml. donde se agregó agua y se agito la muestra hasta el punto de saturación. Se dejo reposar 30 minutos y con un potenciómetro se midió el pH y la conductividad eléctrica (Rodriguez-Fuentes y Rodriguez-Absi, 2002).

Nombre del sitio	LAT	LONG	ZONA	pH	CE	Taxa_S	Individuals	Simpson_1-D	Shannon_H	Equitability_J	Hill_N0	Hill_N1	Hill_N2
CNA-Mega Camelinas	267880	2176890	ZF01	7.8	95	13	25	0.91	2.49	0.97	13	12.07	1.10
Zoologico, Juarez y Solidaridad	269919	2178866	ZF02	6.72	28	6	18	0.81	1.74	0.97	6	5.67	1.23
Cañada Escaleras	269764	2177178	ZF03	6.36	49	5	14	0.78	1.55	0.96	5	4.71	1.29
Vereda Upeescaleras	269924	2177669	ZF04	6.9	49	9	17	0.87	2.12	0.96	9	8.32	1.15
Antes Baldío Fresa	270400	2177535	ZF05	7.12	62	8	17	0.85	1.98	0.95	8	7.21	1.17
Santa Rita 120	270683	2177533	ZF06	7.12	62	9	23	0.87	2.13	0.97	9	8.38	1.15
HOBOS y Camelinas	270740	2177644	ZF07	7.48	74	13	28	0.91	2.47	0.96	13	11.76	1.10
Mozart 161	271058	2177512	ZF08	7.53	82	9	20	0.87	2.11	0.96	9	8.26	1.15
ProAm	271477	2177520	ZF09	7.6	84	8	21	0.86	2.00	0.96	8	7.42	1.17
CIRT, Chopin&Chaikosky	271582	2177612	ZF10	7.31	71	14	30	0.91	2.51	0.95	14	12.26	1.10
SUMA,Roca&Agua	272780	2177665	ZF11	7.04	48	18	28	0.93	2.78	0.96	18	16.14	1.07
PorBosqueZ	272304	2177520	ZF12	7.6	82	13	22	0.87	2.30	0.90	13	9.93	1.15
Agustin de Castro	274058	2177762	ZF13	6.3	3	16	25	0.92	2.62	0.95	16	13.76	1.09
Calle Ensayo	275157	2178022	ZF14	7.44	72	22	23	0.95	3.08	0.99	22	21.65	1.05
Cumbres las Americas	275642	2177990	ZF15	6.17	15	12	23	0.90	2.36	0.95	12	10.58	1.12
Paradero "Cumbres las Americas"	275050	2178146	ZF16	6.94	55	23	37	0.95	3.03	0.97	23	20.70	1.06
Xangari, Sal Patzcuaro	267380	2177170	ZF17	6.34	48	13	23	0.91	2.49	0.97	13	12.03	1.10
Atrás Comer, S.Jose del Cerrito	268204	2176414	ZF18	6.76	46	20	32	0.93	2.83	0.94	20	16.89	1.08
Atrás Xangari, vuelta canal	267465	2176473	ZF19	7.09	51	12	28	0.91	2.43	0.98	12	11.34	1.10
Farmacia GDL y Fuentes de Moreli	268813	2176868	ZF20	7.65	111	13	28	0.90	2.42	0.94	13	11.27	1.11
Av. Michoacan ICATMI	269600	2176891	ZF21	7.32	71	10	19	0.88	2.21	0.96	10	9.07	1.14
Sta. Maria Guido esq Manuel M.Flores	270109	2177183	ZF22	7.56	84	12	27	0.90	2.37	0.95	12	10.64	1.11
PuertaSUR y Catrina, camino Altozano	270525	2177438	ZF23	7.34	72	9	23	0.88	2.14	0.97	9	8.50	1.14
Bosque Cardenas	271792	2177518	ZF24	7.31	94	10	25	0.89	2.23	0.97	10	9.27	1.13
Isidro Feliz y Juan Jose Escalona	274079	2177871	ZF25	7.25	60	13	30	0.91	2.45	0.96	13	11.62	1.10
Iglesia y OXO	275472	2178367	ZF26	7.48	79	4	12	0.75	1.39	1.00	4	4.00	1.33
EspectacularPlanetario	271400	2178230	ZF27	6.88	37	9	19	0.86	2.09	0.95	9	8.06	1.16
UNIDEM Loma StaMa	274391	2177895	ZF28	6.84	35	18	36	0.94	2.82	0.97	18	16.74	1.07
PurecuaxUP&BosqueZ	271645	2177504	ZF29	7.42	76	9	15	0.83	1.99	0.90	9	7.29	1.21
PirindasXplanetario	271063	2178062	ZF30	7.64	109	9	21	0.86	2.07	0.94	9	7.92	1.16
IMJUVE	275020	2179000	ZI01	6.94	53	6	11	0.78	1.64	0.92	6	5.17	1.29
Muebleria a Charo	273630	2181114	ZI02	7.14	63	18	18	0.94	2.89	1.00	18	17.99	1.06
INEGI	269904	2180597	ZI03	7.1	52	16	34	0.93	2.72	0.98	16	15.10	1.07
Entre Edificios	270085	2180548	ZI04	7.29	63	8	17	0.86	2.01	0.97	8	7.44	1.17
Drenaje Vias	270401	2181074	ZI05	7.12	62	5	13	0.79	1.59	0.99	5	4.91	1.26
Semaforo H. Nocupetaro	270023	2180632	ZI06	7.53	82	17	31	0.92	2.70	0.99	17	14.91	1.08
Triangulo CHEDRAUI	270373	2180859	ZI07	7.7	90	9	25	0.86	2.06	0.94	9	7.81	1.17
Ex-Feria, Salida Salamanca	271217	2182807	ZI08	7.32	72	9	11	0.86	2.10	0.96	9	8.15	1.16
Puente Apostol Raza Maya	271264	2183350	ZI09	7.49	79	8	20	0.84	1.92	0.92	8	6.80	1.20
Milpa Sal. Sal y Periferico	270570	2182273	ZI10	7.4	76	9	21	0.88	2.15	0.98	9	8.61	1.14
Paradero "Gris 3"	274100	2181233	ZI11	7.36	73	11	31	0.90	2.37	0.99	11	10.65	1.11
Parque Ecologico Morelia	273795	2181594	ZI12	7.36	73	18	32	0.93	2.77	0.96	18	15.91	1.08
Paradero "Verde 4"	273347	2182217	ZI13	7.9	99	8	16	0.83	1.92	0.92	8	6.84	1.21
Sal. Charo y Av a UTM	273888	2181344	ZI14	7.89	99	8	19	0.83	1.91	0.92	8	6.75	1.20
B. Balbuena y J.A. Perez	273352	2180633	ZI15	6.1	12	9	18	0.85	2.03	0.93	9	7.64	1.17
Triangulo AutoZone	274351	2179615	ZI16	7.3	71	12	27	0.90	2.40	0.97	12	11.07	1.11
Atayde y Camelinas	274562	2179420	ZI17	7.46	79	11	26	0.89	2.29	0.96	11	9.88	1.12
TRICO y Naranja 3	271437	2178647	ZI18	7.16	64	17	29	0.92	2.66	0.94	17	14.32	1.09
Lomas St.Gito	271579	2182255	ZI19	7.35	73	9	18	0.85	2.04	0.93	9	7.71	1.17
CANADA y Libramiento	271790	2181918	ZI20	7.33	72	11	30	0.89	2.28	0.95	11	9.76	1.12
Ignacio Ochoa	272300	2181542	ZI21	7.45	78	14	32	0.91	2.53	0.96	14	12.58	1.10
PascualO. Y S.Ojeda	272138	2181800	ZI22	7.36	73	6	13	0.78	1.63	0.91	6	5.11	1.28
Tele Secundaria 20 de Nov	272541	2182008	ZI23	7.23	67	16	36	0.93	2.69	0.97	16	14.78	1.08
Polantico	272568	2181305	ZI24	7.27	92	13	21	0.92	2.52	0.98	13	12.38	1.09
XlaGlorietaCharo	272391	2181286	ZI25	7.26	68	10	23	0.88	2.19	0.95	10	8.90	1.14
UbramXrio	271871	2181761	ZI26	7.34	72	7	18	0.81	1.84	0.89	7	6.31	1.24
EspectacularXBremauntz	271300	2181818	ZI27	7.14	63	7	23	0.85	1.91	0.98	7	6.76	1.18
EnriqueAgullarXrio	271070	2181455	ZI28	6.94	41	13	29	0.90	2.42	0.94	13	11.26	1.11
FranciscoVillaXEspectacular	271013	2181723	ZI29	7.56	83	11	24	0.88	2.24	0.94	11	9.42	1.14
Tanque Agua "A"	266404	2183203	ZC01	7.48	79	15	26	0.91	2.57	0.95	15	13.08	1.09
COCA, sobre Av. Constituyentes	266825	2182725	ZC02	7.61	76	22	40	0.95	3.00	0.97	22	20.09	1.06
Quinceo entre Gaseras	266645	2182962	ZC03	7.25	68	14	25	0.92	2.57	0.97	14	13.03	1.09
Par. Metropolis Hac. del Sol	268628	2186747	ZC04	6.26	21	17	27	0.93	2.76	0.98	17	15.85	1.07
Ca. Metropolis II Hac. Del sol	268805	2186667	ZC05	7.66	79	12	21	0.91	2.43	0.98	12	11.30	1.10
Parq. Lineal xTanque Estadios	265890	2182402	ZC06	6.76	68	12	34	0.91	2.43	0.98	12	11.30	1.10
P. Centros Comer. y Parq. Lineal	266014	2182684	ZC07	7.9	99	13	25	0.91	2.47	0.96	13	11.82	1.10
Paradero "Alberca"	267110	2186174	ZC08	7.23	90	22	32	0.94	2.99	0.97	22	19.87	1.06
Par. Rosa 3 y Esc. Jaime Sabinas	268377	2185906	ZC09	7.38	67	16	28	0.92	2.64	0.95	16	14.00	1.09
Zona Roja "Antro"	267941	2182828	ZC10	7.32	63	12	29	0.90	2.41	0.97	12	11.08	1.11
WaimarX Libramiento	267206	2182920	ZC11	7.72	91	11	28	0.90	2.34	0.97	11	10.33	1.11
INFONAVIT Carrillo	265857	2181184	ZC12	7.25	68	6	17	0.81	1.71	0.96	6	5.54	1.24
Torrion Nuevo y periferico	269735	2182633	ZC13	7.6	106	8	13	0.83	1.93	0.93	8	6.86	1.21
Torrion Nuevo y Libramiento	269780	2182536	ZC14	6.86	49	10	25	0.87	2.16	0.94	10	8.65	1.14
Antorchista Alberca	269134	2185877	ZC15	7.75	92	10	25	0.87	2.17	0.94	10	8.75	1.14
CNA-Chimiquillo	267917	2185405	ZC16	6.94	46	11	21	0.88	2.27	0.95	11	9.67	1.13
Rinconada Morelia	267700	2184582	ZC17	7.43	68	21	35	0.94	2.90	0.95	21	18.19	1.07
Paradero Ruta Negra	267755	2184102	ZC18	7.42	67	12	20	0.89	2.35	0.94	12	10.44	1.12
Farmacia GDL y Tanque, Metropolis	269885	2186628	ZC19	7.34	96	15	20	0.92	2.60	0.96	15	13.42	1.09
Tanque, Vicente Suarez x Estadio	265504	2181700	ZC20	7.12	85	16	35	0.92	2.63	0.95	16	13.90	1.09
Juan de la Barrera 830 Ruta Café	265394	2181604	ZC21	5.22	32	16	30	0.92	2.63	0.95	16	13.83	1.09
Mirador del Quinceo	266131	2183075	ZC22	7.36	65	20	37	0.94	2.91	0.97	20	18.32	1.06
Fco.M.Diaz y Andres Villagas R.	266425	2182811	ZC23	7.85	97	19	31	0.93	2.83	0.96	19	16.95	1.07
Tanque en l. Vasconcelos Calderon	265717	2182838	ZC24	7.32	64	15	29	0.91	2.57	0.95	15	13.01	1.10
Por Iglesia tras Estadio	265121	2181271	ZC25	6.9	42	16	24	0.93	2.72	0.98	16	15.12	1.07
Mercado "Unidad y Progreso"	264913	2180939	ZC26	7.2	57	13	27	0.91	2.47	0.96	13	11.80	1.10
Lazaro Montenegro 304			ZC27	7.27	61	11	24	0.87	2.21	0.92	11	9.09	1.15
Cañada Salida a Quiroga	264250	2179913	ZC28	7.48	71	9	23	0.85	2.04	0.93	9	7.69	1.17
Invernadero tras Wallmart	267259	2183263	ZC29	6.18	11	14	30	0.91	2.54	0.96	14	12.73	1.09
Esc. Gildardo Magaña	266972	2183525	ZC30	7.43	68	14	24	0.90	2.49	0.94	14	12.00	1.11