



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA**

**“FENOLOGÍA VEGETAL Y CARACTERIZACIÓN  
MICROCLIMÁTICA DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA  
BOSQUE DE TLALPAN”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN  
GEOGRAFÍA**

**P R E S E N T A**

**KARLA JIMÉNEZ GÓMEZ**

**DIRECTORA DE TESIS**

**DRA. LETICIA GÓMEZ MENDOZA**



**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.,**

**2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

*La tierra desconoce la piedad.*

*Sólo quiere*

*Prevalecer transformándose.*

José Emilio Pacheco

A mis padres Inocencia Gómez Tapia y Carlos Eduardo Jiménez Reséndiz que, con amor y cariño infinito me han enseñado que con trabajo y constancia se logran los sueños, sin ustedes esta tesis no hubiera sido posible.

A mis hermanos Mónica Daniela Jiménez Gómez y Eduardo Jiménez Gómez que siempre están a mi lado y me brindan su apoyo incondicional.

¡Lenta pero segura!

Gracias a ustedes este sueño es posible.

Agradecimientos:

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y al Colegio de Geografía de Facultad de Filosofía y Letras por abrirme las puertas del conocimiento y la cultura, además de brindarme las herramientas para lograr ser una profesional.

Un agradecimiento muy especial a mi asesora, la Dra. Leticia Gómez Mendoza por darme la oportunidad de trabajar con ella, por su tiempo, sus enseñanzas, paciencia, interés, por motivarme y contagiarme su pasión por la geografía en estos tiempos en que todo es más complicado de lo que parece.

A mis sinodales: la Maestra María Teresa López Castro, a la Maestra Angélica Margarita Franco a el Maestro José Manuel Espinoza Rodríguez por su tiempo para leer y revisar mi tesis además de compartirme sus muy valiosos comentarios y anotaciones. A Roció Reyes agradezco enormemente su apoyo de principio a fin en el proceso de esta tesis, fue quien me abrió los ojos al fascinante mundo de la fenología y admiro su enorme labor.

Agradezco mi amiga querida Lourdes Bello Mendoza que me dio ese empujón que necesitaba para lograr este sueño, sin su colaboración todo hubiera sido muy complicado, a Roberto Lara Deras quien me mostro con los ojos de un geógrafo, mi hermoso “Bosque de Tlalpan” y muy amablemente me presto y me enseñó a usar el *Kestrel*, herramienta fundamental para este trabajo. A Alejandro González que muy gentilmente compartió conmigo valiosa información y conocimientos.

A los profesores que durante mi paso por la carrera me enseñaron a amar la Geografía, a el Doctor José Lugo Hubp con quien disfrute de las mejores clases de Geomorfología (con sismo incluido), a el Maestro Sergio Yussim Guarneros quien me enseñó lo que es el

verdadero trabajo de campo y me permitió descubrir mi amor a las montañas y por último a el Maestro Panchito quien con su vitalidad me mostro las nubes y hasta dónde llega la geografía, mi agradecimiento hasta el cielo.

También agradezco a todos los miembros del Seminario: Clima, Biodiversidad y Salud. Proyecto PIFFYL: Geografía Ambiental y Biocultural en México. Que me permitieron formar parte de este, que, aunque por un corto tiempo me dieron la motivación que necesitaba para comenzar este proyecto.

A las Autoridades del Área Natural Protegida “Bosque de Tlalpan” por el apoyo y las facilidades brindadas para la realización de esta tesis.

A Dafne González Heredia que desde hace 23 años es mi colega, mi confidente, mi fuerza, mi inspiración, mi apoyo, mi correctora de estilo personal, mi morra de los plumones favorita, mi brújula cada que pierdo el rumbo, mi compañera de vida y mi relación más estable duradera e importante. Sin ti mi vida no sería tan bonita y feliz.

A mi Lalo mi hermano, compañero y colaborador incansable de campo que sin su ayuda no hubiera logrado obtener toda la información de campo que se requirió para esta tesis ¡Mil gracias carnalito!

A Mónica Daniela mi hermana y diseñadora favorita quien colaboro conmigo directa e indirectamente para que esta tesis pudiera ver la luz ¡Te quiero demasiado hermana!

Y por último a todos mis “*my friends*” de Nike que directa o indirectamente me echaron porras todos los días y me apoyaron para que este camino fuera más divertido ¡Sólo hazlo!

Esta tesis fue realizada durante el proyecto: DGAPA-PAPIIT IN308220 Vulnerabilidad agrícola y forestal ante el clima en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca

## Índice

<b>Índice</b>	<b>7</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>10</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>13</b>
<b>Introducción</b>	<b>14</b>
Influencia del cambio climático en las plantas .....	17
El grado de estrés de las plantas urbanas con el cambio climático.....	18
La observación fenológica como herramienta del monitoreo del impacto del cambio climático .....	19
Planteamiento del problema.....	22
Justificación .....	24
Hipótesis .....	26
Objetivo general.....	26
Objetivos específicos .....	27
<b>Capítulo 1</b>	<b>28</b>
<b>Sitio de estudio: Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan</b>	<b>28</b>
1.1 Ubicación geográfica .....	28
1.2 Antecedentes del sitio .....	29
1.3 Topografía.....	30
1.4 Suelos.....	30
1.5 Clima.....	31
1.6 Vegetación .....	31
<b>Capítulo 2</b>	<b>34</b>
<b>Metodología</b>	<b>34</b>
2.1 Elección del sitio de muestreo .....	34
2.2 Determinación de individuos o unidades de muestreo .....	35
2.3 <i>Buddleia parviflora</i> . Características generales .....	37
2.3.1 Ubicación taxonómica	38
2.3.2 Descripción botánica	39



2.4 <i>Calliandra Grandiflora</i> . Características generales.....	40
2.4.1 Ubicación taxonómica	40
2.4.2 Descripción botánica	41
2.5 <i>Echeveria gibbiflora</i> . Características generales.....	42
2.5.1 Ubicación taxonómica	42
2.5.2 Descripción botánica	43
2.6 <i>Senecio praecox</i> . Características generales .....	45
2.6.1 Ubicación taxonómica	45
2.6.1 Descripción botánica	46
2.7 Levantamiento de datos fenológicos.....	48
2.8 Levantamiento de datos meteorológicos.....	51
2.9 Registro de fases por individuos.....	52
2.10 Escala extendida BBCH.....	53
2.11 Datos meteorológicos de zonas aledañas.....	56
<b>Capítulo 3</b>	<b>57</b>
<b>Resultados</b>	<b>57</b>
3.1 Descripción de transecto.....	57
3.2 Primera campaña.....	61
3.3 Segunda campaña .....	63
3.4 Tercera campaña.....	68
3.5 Cuarta campaña.....	71
3.6 Quinta campaña .....	73
3.7 Calendarios fenológicos anuales de cada especie.....	77
3.7.1 <i>Buddleia parviflora</i> - Tepozán	77
3.7.2 <i>Calliandra grandiflora</i> -Cabello de Ángel	85
3.7.3 <i>Echeveria gibbiflora</i> -Oreja de Burro	93
3.7.4 <i>Senecio praecox</i> - Palo loco	102

<b>Discusión</b>	<b>110</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>115</b>
<b>Referencias</b>	<b>117</b>
<b>Anexos</b>	<b>122</b>
Anexo I. Listado de especies de árboles reportadas en REPSA .....	<b>122</b>
Anexo II. Listado de especies de arbustos reportadas en REPSA .....	<b>123</b>
Anexo III. Tablas de temperatura de la estación Desviación Alta Pedregal, para los años 2019 y 2020.....	<b>128</b>
Anexo IV. Tabla de precipitación de la estación Desviación Alta al Pedregal, para los años 2019 y 2020.....	<b>131</b>
AnexoV. Temperatura por día de campaña	<b>132</b>
Anexo VI. Normales Climatológicas de la estación del SMN, Desviación alta al Pedregal (9020)	<b>135</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Imagen satelital del Bosque de Tlalpan.....	16
Figura 2. Ubicación del Bosque de Tlalpan.....	28
Figura 3. Volcán Xitle.. ..	29
Figura 4. Esquema de <i>Buddleia parviflora</i> .....	37
Figura 5. <i>Buddleia parviflora</i> .....	38
Figura 6. Esquema de <i>Calliandra Grandiflora</i> .....	40
Figura 7. <i>Echeveria gibbiflora</i> .....	45
Figura 8. <i>Senecio praecox</i> .....	48
Figura 9. Ejemplo de formato de registro. ....	49
Figura 10. Estación meteorológica móvil, medidor de clima marca Kestrel. ....	51
Figura 11. Levantamiento de datos meteorológicos.. ..	52
Figura 12. Campaña de datos fenológicos. ....	53
Figura 13. Especies monitoreadas en Bosque de Tlalpan.....	58
Figura 14. Mapa de vegetación y transecto.. ..	59
Figura 15. Perfil altitudinal de la vegetación y transecto de observación. ....	60
Figura 16. Climograma de la estación del SMN “Desviación Alta al Pedregal” .....	61
Figura 17. Gráfica de temperatura y humedad matutina (primera campaña). ....	62
Figura 18. Gráfica de variación altitudinal de la temperatura matutina, (primera campaña).....	63
Figura 19. Gráfica de temperatura y humedad matutina (segunda campaña).....	64
Figura 20. Gráfica de temperatura y humedad vespertina (segunda campaña). ....	65

Figura 21. Gráfica de la variación altitudinal de la temperatura matutina (segunda campaña).....	66
Figura 22. Gráfica de la variación altitudinal de la temperatura, segunda campaña (vespertina).....	67
Figura 23. Gráfica Temperatura y humedad matutina (tercera campaña). ....	68
Figura 24. Gráfica Temperatura y humedad vespertina (tercera campaña).....	69
Figura 25. Gráfica de variación altitudinal de la temperatura matutina (tercera campaña). .....	70
Figura 26. Gráfica de la variación altitudinal de la temperatura matutina (tercera campaña).....	71
Figura 27. Gráfica Temperatura y humedad matutina de la cuarta campaña. ....	72
Figura 28. Gráfica variación altitudinal de la temperatura matutina (cuarta campaña). .	73
Figura 29. Gráfica Temperatura y humedad matutina (quinta campaña). ....	74
Figura 30. Gráfica de temperatura y humedad (quinta campaña).....	75
Figura 31. Variación altitudinal de la temperatura matutina (Quinta campaña). ....	76
Figura 32. Variación altitudinal de la temperatura vespertina (Quinta campaña). ....	77
Figura 33. Desarrollo de hojas. <i>Buddleia parviflora</i> .. ....	78
Figura 34. Formación de brotes. <i>Buddleia parviflora</i> .. ....	79
Figura 35. Emergencia de la inflorescencia. <i>Buddleia parviflora</i> .. ....	80
Figura 36. Floración. <i>Buddleia parviflora</i> .....	81
Figura 37. Senescencia. <i>Buddleia parviflora</i> .....	82
Figura 38. Calendario fenológico de la especie <i>Buddleia parviflora</i> - Tepozán. ....	83
Figura 39 Fenoclimograma de la especie <i>Buddleia parviflora</i> - Tepozán.....	84
Figura 40. <i>Calliandra grandiflora</i> . Desarrollo de hojas.....	86

Figura 41. <i>Calliandra grandiflora</i> . formación de brotes.....	87
Figura 42. <i>Calliandra grandiflora</i> . floración.....	88
Figura 43. <i>Calliandra grandiflora</i> . maduración de la semilla.....	89
Figura 44. <i>Calliandra grandiflora</i> . senescencia.....	90
Figura 45. Calendario Fenológico <i>Calliandra grandiflora</i> -Cabello de Ángel.....	91
Figura 46. Gráfica Fenoclimograma <i>Calliandra grandiflora</i> -Cabello de Ángel.....	92
Figura 47. <i>Echeveria gibbiflora</i> en desarrollo de hojas.....	94
Figura 48. <i>Echeveria gibbiflora</i> en formación de brotes.....	95
Figura 49. <i>Echeveria gibbiflora</i> en crecimiento de tallo.....	96
Figura 50. <i>Echeveria gibbiflora</i> en emergencia de la inflorescencia.....	97
Figura 51. <i>Echeveria gibbiflora</i> en floración.....	98
Figura 52. <i>Echeveria gibbiflora</i> en senescencia.....	99
Figura 53. Calendario fenológico de la especie <i>Echeveria gibbiflora</i> -Oreja de Burro.....	100
Figura 54. Fenoclimograma <i>Echeveria gibbiflora</i> -Oreja de Burro.....	101
Figura 55. <i>Senecio praecox</i> en desarrollo de hojas.....	103
Figura 56. <i>Senecio praecox</i> en formación de brotes.....	104
Figura 57. <i>Senecio praecox</i> en crecimiento de tallos.....	105
Figura 58. <i>Senecio praecox</i> en floración.....	106
Figura 59. <i>Senecio praecox</i> en senescencia.....	107
Figura 60. Calendario fenológico de la especie <i>Senecio praecox</i> - Palo loco.....	108
Figura 61. Fenoclimograma. <i>Senecio praecox</i> - Palo loco.....	109

## Índice de tablas

Tabla 1. Lista de especies monitoreadas para la identificación de su fenología anual en el Bosque de Tlalpan, Ciudad de México.....	36
Tabla 2. Cronograma de observaciones y monitoreo. ....	50
Tabla 3. Escala BBCH. Fuente: Bleiholder et.al (1996).....	55
Tabla 4. Escala BBCH modificada para el caso de estudio.....	55
Tabla 5. Estación climatológica considerada para este estudio. ....	56

## **Introducción**

Los parques urbanos juegan un papel fundamental como reguladores del medio ambiente, además de ser un soporte físico para actividades propias del recreo y del descanso, también consiguen mejorar la imagen estética de las ciudades.

El parque urbano es un espacio abierto de uso público, en el que se establecen relaciones humanas de esparcimiento, recreación, deporte, convivencia comunitaria, educación y cultura dentro de la ciudad; siendo una forma concreta de relación sociedad ambiente (Anaya, 1997). En este caso, su función ambiental es de gran interés, la cual es más compleja, donde se considera a los parques urbanos, como reguladores del clima y la temperatura y amortiguadores de efectos ambientales nocivos como la contaminación atmosférica o sonora (García, 1989).

Los factores climáticos como la humedad, la temperatura o los vientos propician una influencia directa en los parques y esto hace que tengan repercusiones en las zonas urbanas próximas. La presencia de masas vegetales tiene un efecto refrigerador sobre el clima urbano a la vez que el aumento en la humedad relativa combate la sequedad ambiental actuando como regulador higrométrico. De igual forma, la vegetación atenúa los efectos de viento (García, 1989).

El Bosque de Tlalpan, ubicado en la Alcaldía Tlalpan, al sur de la Ciudad de México colinda al norte con la Avenida Camino a Santa Teresa, la unidad habitacional Villa Olímpica, la colonia miguel Hidalgo y el Fraccionamiento Jardines en la Montaña; al sur con la colonia Ampliación Miguel Hidalgo; al este con las colonias Miguel Hidalgo y La Fama; y al oeste con las colonias Lomas de Padierna, Ejidos de Padierna y el Parque de diversiones

*Six Flags* (Figura 1). Fue decretado Área Natural Protegida con la categoría de Parque Urbano el 24 de octubre de 1997 publicado en el Diario Oficial de la Federación, con la finalidad de evitar la destrucción de los recursos naturales, mantener sus ecosistemas nativos y los servicios ambientales que brinda a la Ciudad de México y área metropolitana, este comprende una extensión de 252.86 ha.

La vegetación del Bosque de Tlalpan forma parte del Pedregal de San Ángel, el cual surgió hace más de 2000 años del escurrimiento de lava basáltica del volcán Xitle que cubrió desde el pie del Ajusco hasta Tlalpan, Huipulco, Coyoacán y San Ángel. Se encuentra cubierto por tres tipos de vegetación como son: el matorral xerófilo, bosque de encino y bosque cultivado. La singularidad ecológica de este bosque recae en el tipo de vegetación que se establece en él, la cual es única en el mundo, ya que sus especies se han desarrollado sobre un sustrato basáltico lo cual les ha permitido adaptarse a condiciones fisiológicas y edafológicas particulares. Este sitio resguarda una muestra muy significativa del patrimonio biótico regional y nacional, conteniendo una muestra del ecosistema del Pedregal de San Ángel (Palacio, 2015).



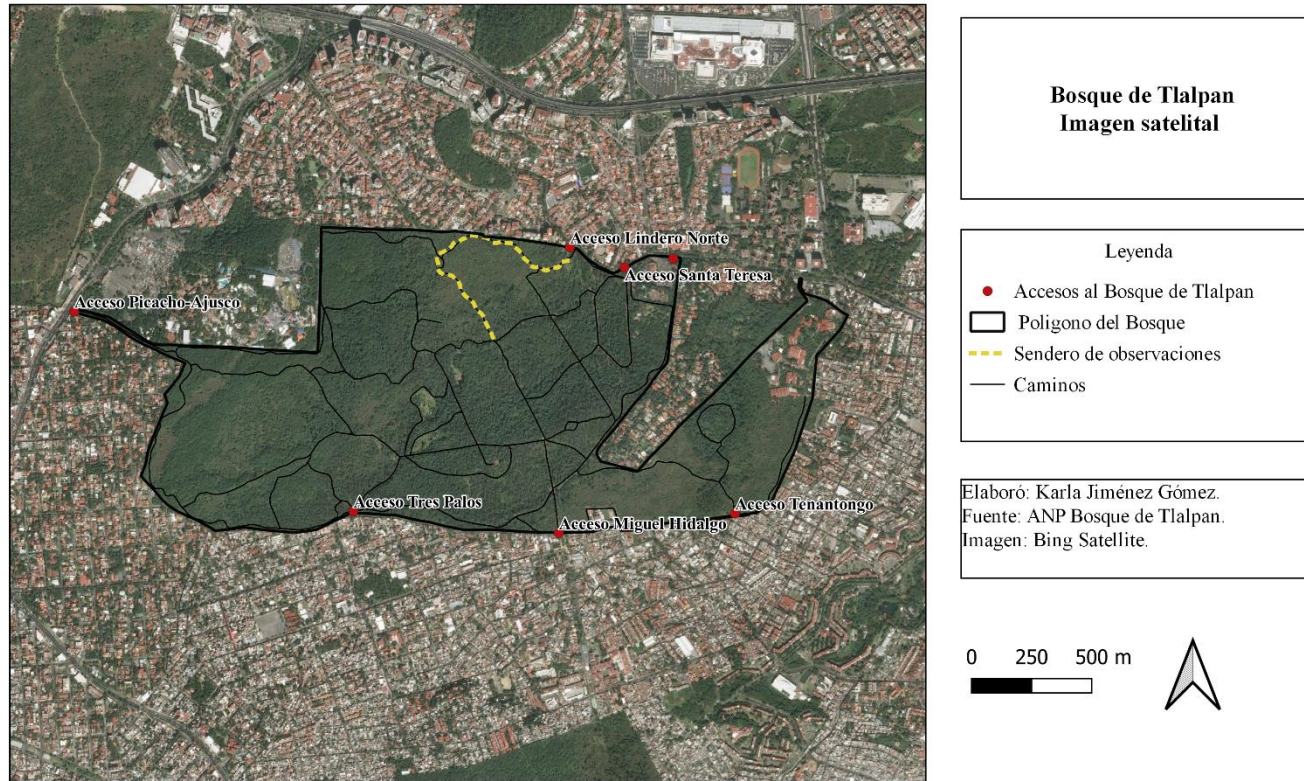


Figura 1. Imagen satelital del Bosque de Tlalpan.

El matorral xerófilo abarca 40% del territorio mexicano, lo que lo hace el tipo de vegetación más extendida del país (Rzendowsky, 1978). Este matorral se caracteriza por su heterogeneidad, es abierto y en este domina el estrato herbáceo. Durante la época de lluvias la cubierta vegetal llega a ser muy cerrada en microambientes específicos, además de su pobreza en elementos arbóreos. (Rzendowsky, 1954). A partir de la mitad del siglo XX se inició un proceso rápido de destrucción y fragmentación debido al desarrollo de la Ciudad de México. Este ecosistema adquiere relevancia en este contexto, ya que es una porción remanente del Pedregal de San Ángel y, a pesar de su estatus de conservación, se encuentra vulnerable (Castillo, 2004).

### **Influencia del cambio climático en las plantas**

El cambio climático global tiene influencia en la dinámica del ciclo del carbono en las plantas. Los ecosistemas naturales son fundamentales en el balance global, como depósitos de carbono atmosférico. Los cultivos y la vegetación natural crecen y se adaptan al sistema con rápidas transformaciones en el tiempo (Yepes, *et al*, 2011).

Existen otros factores que influyen en la dinámica de las plantas, por ejemplo, la temperatura o la disponibilidad de nutrientes, alterando la fotosíntesis. El crecimiento de las plantas está relacionado con el balance de las rutas metabólicas que controlan la producción de sacarosa (transporte para el crecimiento) o la producción de almidón (reserva) sincronizadas entre sí y con su ritmo circadiano. Así, alteraciones en las condiciones ambientales producen cambios en los modelos de crecimiento de las plantas (Yepes, *et al* , 2011).

## **El grado de estrés de las plantas urbanas con el cambio climático**

Las interacciones de las plantas con factores ambientales como la irradiación, la temperatura, la disponibilidad de nutrientes, entre otras, aumentan las tasas de asimilación de CO<sub>2</sub>. Las condiciones desfavorables para el crecimiento, desarrollo y productividad son consideradas factores de estrés. Dichos factores pueden ser de naturaleza biótica o abiótica (Yepes, *et al.*, 2011).

Un estrés ambiental significa que parte del potencial del ambiente difiere del potencial del organismo, de manera que existe una fuerza que conduce materia o energía dentro o fuera de este, que desencadena estrés y una respuesta de él (Salisbury, *et al.*, 2000). Después de un estímulo negativo de horas o días, el desempeño fisiológico de la planta disminuye. Con el tiempo, la planta mejora o recupera poco a poco su desempeño aclimatándose (Lamberse *et al.*, 2008).

Después de un estímulo negativo de horas o días, el desempeño fisiológico de la planta disminuye. Con el tiempo, la planta mejora o recupera poco a poco su desempeño aclimatándose (Lamberse *et al.*, 2008).

Las condiciones ambientales más generalizadas en las últimas décadas, como producto del cambio climático, son el aumento del CO<sub>2</sub> y la interacción de otros gases contaminantes como el ozono (O<sub>3</sub>) el aumento de la temperatura media y la modificación de los patrones de la precipitación. Este escenario se convirtió en un conjunto de factores de estrés. Las plantas son estudiadas para conocer sus respuestas a estas condiciones (Yepes, *et al.*, 2011).

Según Hopp en 1974, el término fenología fue utilizado por primera vez en 1853 por Charles Morren, el cual se deriva de los vocablos griegos “*paino*” (aparecer o mostrar) y

“logos” (estudio), aunque el término es relativamente nuevo, las observaciones de carácter fenológico son tan antiguas como la humanidad misma, ya que la supervivencia humana ha dependido del conocimiento detallado de los ritmos de la naturaleza. En un principio la disciplina se enfocó en la observación de las fases del ciclo de vida de las plantas y animales a través de un periodo de tiempo (Lieth, 1974).

La fenología, es una subdisciplina de la ecología, encargada del estudio de la temporalidad de los eventos biológicos cíclicos. Los eventos fenológicos son conocidos como fenofases del ciclo de vida de las plantas y se caracterizan por dos categorías: vegetativa y reproductivas. La primera incluye la producción de hojas nuevas y la caída de hojas y la segunda la floración y la fructificación (Williams- Linera y Meave, 2002).

Una de las perspectivas más útiles para conocer la dinámica de las plantas son las observaciones fenológicas. En el caso de la vegetación de matorral en el Bosque de Tlalpan, influyen directamente en esta comunidad y su variabilidad fenológica, el ambiente heterogéneo y la compleja topografía en la que se desarrollan (Meave, 1994).

### **La observación fenológica como herramienta del monitoreo del impacto del cambio climático**

El planeta ha experimentado un significativo cambio climático global, caracterizado principalmente por un incremento en la temperatura global y un incremento en la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico (Hansen, *et al*, 2002). Estas alteraciones afectarán las condiciones climáticas en todas las regiones del mundo, la estacionalidad ambiental y con

esto las respuestas de los organismos al ambiente (Hughes, 2000) y, de forma particular, la fenología de las plantas.

Las plantas como seres vivos, se consideran como aparatos meteorológicos registradores, sensibles a diversos elementos del clima, como la temperatura y la oportuna cantidad de precipitación. Es por esto que cada planta presenta límites mínimos, óptimos y máximos de temperatura. Durante las distintas fases fenológicas las plantas pueden resistir altas temperaturas. Es importante, que cuenten con la adecuada cantidad de agua ya que una precipitación excesiva puede afectar los retoños y si hay presencia de granizo durante la floración o la fructificación causaría bajas en la producción (Taiz y Zeiguer, 2006).

La fenología puede ser una herramienta de comprensión del cambio climático, para esto es necesario conocer la fenología actual y así determinar la magnitud de los cambios e incluso predecirlos (Alvarado, 2003).

La variación en las condiciones ambientales, además de modelar los patrones fenológicos de las especies, afecta significativamente aspectos morfológicos, anatómicos y de composición química de las plantas, sus flores y sus frutos. Ocasionalmente con esto diferencias temporales y estacionales en el tamaño, cantidad y características de las flores, frutos y semillas. Esta variación puede ser alterada por factores bióticos como polinizadores, dispersores y animales herbívoros (Watson, 1995).

El microclima es un conjunto de condiciones climáticas propias de un punto geográfico, resultante de las modificaciones del clima local bajo la influencia de distintos factores ecológicos. El clima se caracteriza por ser la combinación de componentes como lo son la temperatura, precipitación, humedad atmosférica y el viento, estos a su vez dependen de

factores de orden general y local. La noción de microclima no puede ser concebida si no es en función de los seres vivos, es por ello que es necesario asociarlo con el conjunto biótico (Lacoste y Salanon 1973), de esta idea surge la importancia de las observaciones fenológicas y su relación con el microclima.

La Red Nacional de Fenología trabaja desde el año 2010 en el monitoreo de la vegetación en las comunidades mexicanas. En conjunto con Reforestamos México A. C. y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) sumaron esfuerzos para diseñar el primer protocolo de observación y registro fenológico. Su misión es empoderar a las comunidades de México de capacidades para monitorear, registrar y comprender los cambios en la vegetación de las especies de importancia local, para hacer frente a los impactos del cambio climático a nivel local. Su visión es que las comunidades mexicanas sean capaces de formular sus posibles estrategias locales de adaptación ante el cambio climático a partir de la construcción de capacidades de observación y registro fenológico. Algunos de sus objetivos son: consolidar de la red de monitoreo fenológico comunitario en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca; además de promover la importancia del monitoreo fenológico en otras regiones de México mediante la colaboración interinstitucional, académica y comunitaria con la Red Nacional de Fenología (Red Nacional de Fenología, 2021).

El monitoreo de las plantas de este bosque resulta significativo, ya que el Pedregal se caracteriza por su heterogeneidad espacial, como lo son sus formas del relieve y diferencias sobresalientes en su composición florística, lo cual permite el establecimiento de diversas condiciones microclimáticas, que posibilitan el desarrollo de especies con exigencias ambientales distintas (Banuet *et al.*, 1990).

## **Planteamiento del problema**

El desarrollo industrial y el crecimiento de las ciudades en los dos últimos siglos han traído como consecuencia el incremento de la población urbana. En el caso de la Ciudad de México, el crecimiento de la población comenzó en la década de los cuarenta y los cincuenta (Jáuregui, 1995). Hoy se sabe que, según datos de INEGI, en el censo 2020 el crecimiento de la población en la Ciudad de México fue de 0.4%, siendo el Valle de México la zona metropolitana más poblada de todo el país con 21,804,515 habitantes.

Aunado a esto el clima del planeta ha tenido una variación considerable en los últimos años por las actividades humanas y el crecimiento demográfico concentrado en las ciudades. En estas ya no son suficientes las áreas verdes, bosques y cuerpos de agua para regular los cambios de temperatura (Dávila *et al.*, 2011).

La evidencia indica que muchos de los cambios climáticos a escala regional, principalmente aquellos relacionados con la temperatura han afectado a un gran número de sistemas físicos y biológicos. Existen indicadores preliminares que demuestran que algunos de los sistemas humanos están siendo afectados por el aumento en la frecuencia de inundaciones y sequías (Magaña *et al.*, 2002).

El ecosistema del pedregal representa una heterogeneidad ambiental, ya que cuenta con factores bióticos y abióticos que influyen en este, como lo son la profundidad del suelo y la pendiente, además de los cambios en la estructura y composición de la vegetación, generados por la estacionalidad del clima (Castillo *et al.*, 2016).

El matorral xerófilo del Pedregal de San Ángel que caracteriza este ecosistema tiene una estructura heterogénea con grandes diferencias en su composición florística (Álvarez *et al.*,

1982). La comunidad se caracteriza por el gran número de hierbas y una pobreza de árboles. Dentro de la flora, la familia *Asteraceae* es la mejor representada (Rzedowski, 1954).

Existen pocos trabajos serios que contemplen al Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan y, en particular, sobre la fenología. Entre los que se encuentran los trabajos de Chávez (2016), tesis de biología que abordó la biodiversidad de macromicetos en el Bosque de Tlalpan. También destaca la investigación de Díaz Limón (2014) quien evaluó la infestación de muérdago en el Bosque de Tlalpan, asimismo, se encuentra el trabajo de Montoya (2016) quien analizó la demografía de *arbutus xalapensis, kunth (ericaceae)* en el Bosque de Tlalpan. Sin embargo, existen pocos trabajos de geógrafos en el área de estudio.

Por otro lado, como parte de la participación de la autora de la presente tesis en la Red Nacional de Fenología, se decidió realizar un estudio de diagnóstico sobre la fenología de plantas representativas del paisaje de matorral xerófilo en el bosque de Tlalpan. Las metodologías de evaluación diagnóstica se basaron en el protocolo de observación fenológica a través de ciencia ciudadana y comunitaria de la Red Nacional de Fenología y definidas por Reyes (2016).

Conocer el ciclo anual de la fenología de las especies vegetales características del Bosque de Tlalpan y su asociación con el microclima del sitio, puede ser la base para identificar los efectos del clima sobre las plantas de esta Área Natural Protegida y permitirá entender la dinámica de la misma en el contexto de las tendencias del clima urbano de la Ciudad de México.



## **Justificación**

Las áreas verdes y los bosques de la Ciudad de México son de gran interés, ya que contribuyen a regular el clima, mejoran la calidad del aire reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, conservan la biodiversidad, mejoran las condiciones del suelo, evitan la erosión, propician el desarrollo de la fauna y también mitigan los efectos del cambio climático, como las altas temperaturas o la intensidad de las islas de calor.

La importancia de los parques urbanos, como lo es el Bosque de Tlalpan, radica en que se ubica en un entorno urbano y de acceso público, en ellos se pueden encontrar diversos beneficios ambientales y sociales. Dado el proceso de urbanización de la ciudad los Bosques como lo es el Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan funcionan como reguladores del régimen climático local (Jáuregui *et al.*, 2008).

Los ecosistemas del Pedregal de San Ángel se encuentran aislados geográficamente a causa de la ocupación urbana, lo que los coloca en condiciones de vulnerabilidad ante cambios en su estructura, composición de especies y calidad del hábitat, alteraciones que pueden ocurrir como consecuencia del deterioro y afectar los equilibrios que actualmente lo mantienen funcionando (Programa de Manejo, 2011).

Los diversos usos del Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan han dado lugar a una serie de problemáticas que impactan ambientalmente, por ejemplo, la falta de zonificación para el uso adecuado del sitio, como lo es la existencia de senderos para uso público, que son dispuestos sin ninguna restricción, en los cuales los usuarios tienen acceso a sitios donde la vegetación se encuentra en mejor estado de preservación, provocando que éstos se vean afectados en su estatus de conservación (Programa de Manejo, 2011).

Se sabe de las implicaciones del cambio climático en la vegetación, esta ha respondido de dos formas principalmente: migración y adaptación; sin embargo, en la actualidad los altos niveles de fragmentación del hábitat podrían afectar migraciones en el futuro. Además, se sabe que la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha permitido a los árboles desarrollarse donde la vegetación estaba restringida a plantas de menor tamaño (Alvarado *et al.*, 2002).

Existen muy pocas regiones en el planeta donde las condiciones ambientales sean continuamente favorables para todas las funciones de las plantas, lo que sí es frecuente es que a lo largo del año se produzcan cambios estacionales en el clima y, por lo mismo, en la disponibilidad de recursos, esto obliga a las plantas a crear mecanismos de cambio estacional en morfología y fisiología para poder sobrevivir (Alvarado, *et al.*, 2002).

Los cambios en el ambiente ejercen diferentes presiones en las plantas e influyen de manera única en el desarrollo de cada una de las especies, dando como resultado diversas formas de crecimiento, las cuales deben ser interpretadas como caminos distintos que han seguido las plantas para adaptarse a un determinado ambiente (Alvarado *et al.*, 2002). El principal factor climático que afecta a la fenología de las plantas es la temperatura y se sabe que los incrementos en la temperatura pueden ser detectados en los datos fenológicos (Alvarado *et al.*, 2002).

El estudio de la fenología vegetal y la climatología del Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan será de gran importancia para entender las consecuencias que el cambio climático ejerce sobre las plantas de este sitio a escala regional y para abonar al conocimiento del ecosistema del Pedregal que éste representa. Además, podrá ser útil para abrir paso a nuevas

investigaciones en el ámbito de la fenología de las plantas, ya que existen escasos acercamientos en esta área en particular con el enfoque geográfico que aquí se plantea.

Dentro del Bosque podrá contribuir a mejorar los proyectos de manejo presentes y futuros, asimismo, permitirá cooperar para asegurar los servicios ecosistémicos que proporciona este bosque como lo son: provisión, regulación, soporte y culturales. Al estudiar y mantener en condiciones óptimas este bosque mejorará como consecuencia la calidad de vida de los habitantes de la porción sur de la Ciudad de México, donde se encuentra este, es por esto que las autoridades y la ciudadanía deben involucrarse y promover este tipo de investigaciones. Es necesario conocer el tipo de cambios y la magnitud de estos en la vegetación, para poder entender las afectaciones que hoy sufren estas, así como también contribuir con información precisa sobre las posibles afectaciones a los ecosistemas de la ciudad.

### **Hipótesis**

El monitoreo fenológico anual de especies vegetales representativas del matorral del pedregal del Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan: *Buddleia parviflora*, *Calliandra grandiflora*, *Echeveria gibbiflora* y *Senecio praecox* permitirá determinar la estacionalidad de sus procesos vegetativos y reproductivos y su relación con la variación estacional del microclima.

### **Objetivo general**

Monitorear la fenología de *Buddleia parviflora*, *Calliandra grandiflora*, *Echeveria gibbiflora* y *Senecio praecox* especies representativas de matorral del Área Natural Protegida “Bosque de Tlalpan” en la Ciudad de México y su asociación con la microclimatología del sitio.

## **Objetivos específicos**

1. Identificar y monitorear comunidades vegetales de características originarias/nativas (*Buddleia parviflora* L., *Calliandra grandiflora* B., *Echeveria gibbiflora* P., *Senecio praecox* R y B.) de acuerdo con el protocolo de la Red Nacional de Fenología, mediante observaciones *in situ*.
2. Realizar campañas de monitoreo del clima en el Área Natural Protegida “Bosque de Tlalpan” para monitorear la temperatura y humedad del microclima del bosque, con el fin de asociar estos elementos con la fenología de las especies a estudiar.

La tesis está integrada por tres capítulos. En el capítulo 1 **Sitio de estudio: Área Natural Protegida “Bosque de Tlalpan”**, se llevó a cabo una recopilación de datos bibliográficos que nos permitieron elaborar una descripción general de los antecedentes históricos del sitio, la topográfica, los suelos, el clima y la vegetación, que nos permitió tener un acercamiento a las condiciones actuales del área de estudio.

El capítulo 2 **Metodología**, se describieron los motivos que permitieron la elección de sitio de muestreo, así como las características que se tomaron en cuenta para la determinación de los individuos que se observaron y se caracterizaron las cuatro especies que se tomaron en cuenta para esta tesis. Además, se explicó cómo fue que se realizó el levantamiento de datos fenológicos, meteorológicos y como se elaboró el registro de toda esta información.

En el capítulo 3 **Resultados**, se realizó una descripción del transecto donde se tomaron las observaciones y los datos meteorológicos, a su vez se expusieron los datos recabados en cada una de las cinco campañas de recolección de datos meteorológicos y por último se presentó el análisis de los calendarios fenológicos de cada especie observada.

## Capítulo 1

### Sitio de estudio: Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan

#### 1.1 Ubicación geográfica

El Área Natural Protegida Bosque del Pedregal o Bosque de Tlalpan, antiguamente llamada “Cerro de Zacayucan”, es un Área Natural Protegida ubicada sobre la Avenida Santa Teresa, con cercanía a Periférico Sur y Avenida de los Insurgentes con coordenadas  $19^{\circ}17'47.27''$  N y  $99^{\circ}11'32.25''$  W (Figura 2).

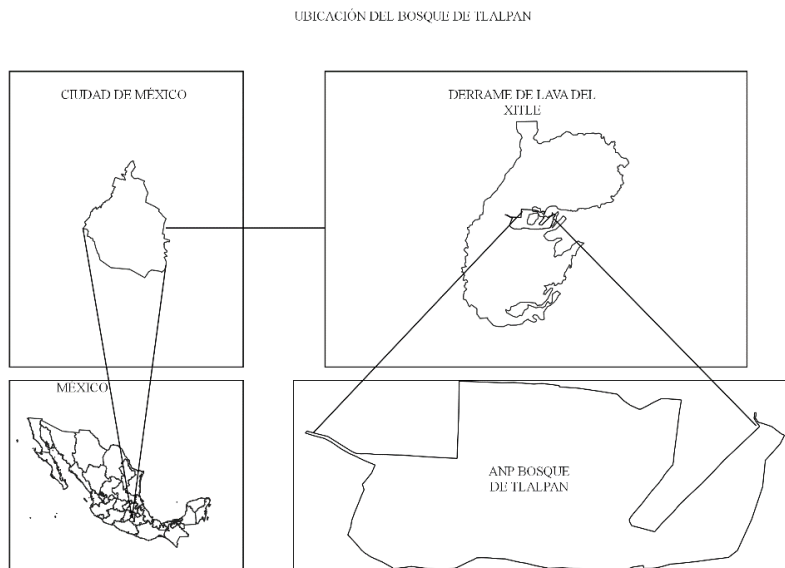


Figura 2. Ubicación del Bosque de Tlalpan (Elaboración Propia)

Este parque comprende una extensión de 252 hectáreas de bosque cubierto parcialmente por las lavas del volcán Xitle, las cuales desarrollaron una superficie fragmentada de tipo

transicional o AA; la parte más elevada corresponde al cerro Zacayucan que es un volcán antiguo.

## **1.2 Antecedentes del sitio**

Estos terrenos formaron parte de la Hacienda Peña Pobre, propietaria de la fábrica de papel Loreto y Peña Pobre. La fábrica utilizó los terrenos del actual Bosque de Tlalpan para la plantación de árboles, en particular eucaliptos, que todavía forman parte de la cubierta forestal (Palacio, *et al.*, 2015).

La erupción del volcán Xitle (Figura 3) es uno de los eventos más recientes ocurridos (hace aproximadamente 2000 años). La lava que dio origen al Pedregal de San Ángel surgió en varias oleadas que avanzaron de acuerdo con la pendiente del terreno.

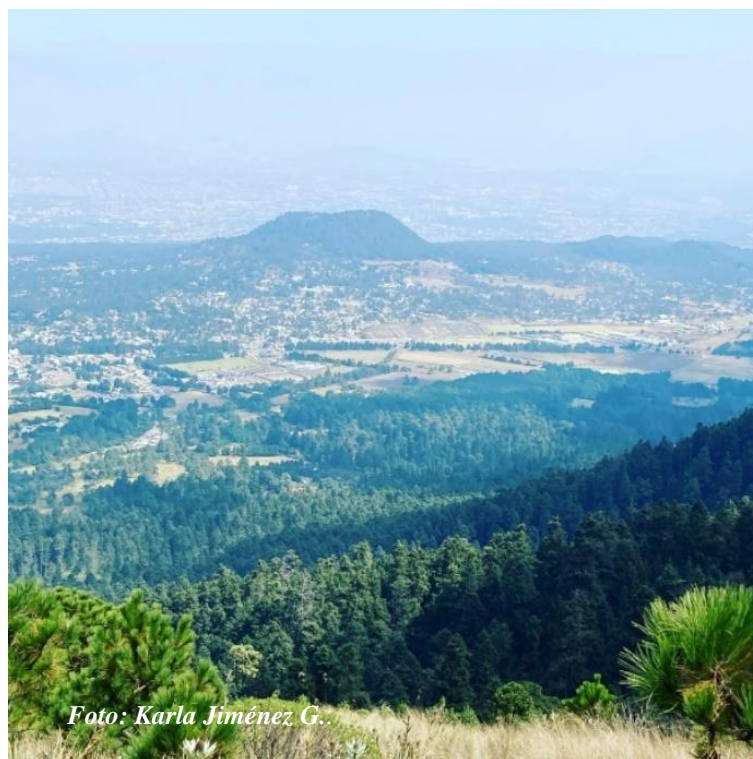


Figura 3. Volcán Xitle. Foto de la autora.

Conforme avanzó la lava encontró a su paso distintos obstáculos, junto con los accidentes del relieve y las diferencias en el tiempo de enfriamiento de las capas de magma contribuyeron a la formación de una superficie de heterogeneidad topográfica (Carrillo, 1995).

Al enfriarse la lava del Xitle, la roca porosa permitió que el agua de las precipitaciones características de la cuenca se fuera filtrando, alimentando mantos freáticos y favoreciendo el surgimiento de manantiales. El viento fue desgastando la roca y transportando de otros sitios esporas y semillas que se fueron acumulando en las grietas y fisuras entre las rocas, dando origen a líquenes, musgos y helechos, para la posterior conformación de suelos capaces de albergar plantas con flores y árboles (Carrillo, 1995).

### **1.3 Topografía**

El Bosque de Tlalpan presenta un relieve ondulado en 90% de su superficie con pendientes suaves, desde 0% en sus extremos sur-suroeste y nor-noreste, hasta 19% en su parte central. La superficie restante es ligeramente accidentada con pendientes hasta de 100% en los parajes conocidos como El Mirador y Piedra de los Sacrificios. El promedio de la inclinación registrada corresponde al 7% (Programa de Manejo, 2011).

### **1.4 Suelos**

Los suelos que se encuentran por encima de la lava del Pedregal, predominado la roca madre, son principalmente de origen eólico, orgánico y joven, formados por acumulación en las grietas, fisuras y depresiones; generalmente su espesor no sobrepasa unos cuantos

centímetros, pudiendo presentarse variaciones dependientes de la naturaleza y grosor de la lava, así como de la intensidad de los agentes del intemperismo (Programa de Manejo, 2011).

### **1.5 Clima**

El clima de es templado sub húmedo [Cb (w<sub>1</sub>) (w)] (García, 2004), con régimen de lluvias en verano, con una temperatura media anual de 15.5 °C y una precipitación promedio anual de 835mm. La época de lluvias se observa de junio a octubre y la de secas de noviembre a mayo (Castillo *et al*, 2004).

### **1.6 Vegetación**

La singularidad ecológica del Área Natural Protegida descansa principalmente en el tipo de vegetación que contiene, tipificada como única en el mundo y sus especies se han desarrollado sobre el sustrato basáltico producto de la actividad volcánica, mediante “adaptaciones” a las condiciones fisiográficas y edafológicas, así como a las condiciones extremas de humedad y sequedad del ambiente (Programa de Manejo, 2011).

Los dos tipos de comunidades naturales principales de este tipo de vegetación en el Bosque de Tlalpan son: el matorral xerófilo y el bosque de encino, los cuales presentan a su vez, una variedad de hábitats dominados por los extremos provocados por una temporada de lluvias con casi un metro de lluvia por año y una temporada de sequía, donde el suelo poroso exagera la sequedad del ambiente ocupados por una rica y variada fauna, cuya composición tan solo en número de especies de aves y mamíferos corresponde a 10% del total de especies de fauna registrada para el país (Programa de Manejo, 2011).

La vegetación del Pedregal presenta características de xerófita (ausencia de suelos y ambientes hostiles). Las especies xerófitas tienen un elevado grado de cobertura (expansión



horizontal) y dominan gran parte del Pedregal, también coexisten formas hidrofílicas (especies inmersas en humedad) y mesófitas (vegetación entre el medio seco y medio húmedo; Rzedowski, 1994).

El periodo vegetativo empieza a fines de mayo y durante junio, julio y agosto va en aumento el número de especies que reanudan su desarrollo, así como el volumen total de la vegetación y la cantidad de organismos en reproducción (Rzedowski, 1994).

En septiembre y octubre se presentan los máximos de formas en flor y fruto, pero ya en este último mes decrece la intensidad de la fotosíntesis. En noviembre, diciembre y enero todavía se reproducen muchas especies, a pesar de que la actividad vegetativa se restringe a especies leñosas y suculentas. Febrero, marzo, abril y mayo se caracterizan por un número muy reducido de formas activas, aunque la reproducción de casi todos los árboles y muchos arbustos de talla elevada suceden en esta época (Rzedowski, 1994).

Según el programa de manejo, el “Bosque de Tlalpan” se integró al régimen de Área Natural Protegida del Distrito Federal, bajo la categoría de Zona Ecológica y Cultural, previsto en la Ley Ambiental del Distrito Federal, a través del Decreto publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, el 17 de junio de 2011. Se declaró Área Natural Protegida de jurisdicción local, bajo la categoría de Zona Ecológica y Cultural, la superficie de 2,528,648.61 metros cuadrados, ubicada en los terrenos correspondientes al “Bosque de Tlalpan”, en la Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México, con la finalidad de evitar la destrucción de los recursos naturales, mantener sus ecosistemas naturales y los servicios ambientales que presta a la Ciudad de México y su zona metropolitana.

El objetivo general del Área Natural protegida es conservar la diversidad biológica del “Bosque de Tlalpan”, protegiendo sus procesos ecológicos y asegurando la producción de sus servicios ecosistémicos, conjuntamente con sus valores culturales patrimoniales y su potencial recreativo; para así contribuir a la protección de los ecosistemas naturales y paisajes de la Ciudad de México y propiciar el ejercicio del derecho ciudadano de vivir en un ambiente sano.

Existe un subprograma de manejo que se enfoca en la protección del bosque, que supone asegurar la integridad de todos los elementos y valores de este: territorio, especies, ecosistemas, procesos ecológicos, recursos naturales, equipo e infraestructura. En este subprograma se aborda también la prevención de riesgos por incendios, contingencias ambientales, además de vigilar y evitar invasiones con fines habitacionales o de uso del suelo.

Con respecto al uso público, plantea la necesidad de llevar a cabo acciones y medidas específicas para controlar las conductas de visitantes y usuarios que puedan representar un riesgo para la integridad del patrimonio natural y cultural del ANP, tales como: saqueo de especies y materiales del medio natural y sitios arqueológicos, vandalismo, inseguridad, asaltos o agresiones eventuales a visitantes, generación de incendios forestales, introducción intencional o accidental de especies vegetales no- nativas y de fauna doméstica, así como, la visitación indiscriminada a todas las zonas del área.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales se encarga de administrar dicho recinto y, además, se identificaron dos organizaciones civiles que trabajan para la conservación del Área Natural Protegida, estas son Corredores del Bosque de Tlalpan, A.C. y Probosque de Tlalpan, A.C., todos ellos trabajan a favor del sitio.

## Capítulo 2

### Metodología

Todas las plantas pasan por etapas de vida, las cuales son germinación, reproducción y senescencia. Dentro de estos patrones cíclicos hay distintas fases fenológicas que pueden rastrearse y registrarse para ayudarnos a comprender la historia natural de la planta y poder ubicar el momento de estas fases. Esta información ayuda a comprender la relación de la planta con su entorno. Algunos de estos factores podrían ser el clima regional, eventos climáticos o la interacción de los animales con las plantas (Guertin, *et al.*, 2017).

Para conocer esta información es necesario realizar observaciones periódicas para identificar y describir las fenofases de las plantas, estas incluyen la apertura de las yemas de las hojas estacionales, yemas de las flores en formación, apertura de flores, liberación de polen, maduración de frutos, dispersión de semillas y caída de hojas (Guertin *et al.*, 2017).

Para la observación será necesario registrar e informar la actividad de la planta, sus fenofases y el porcentaje que puede observarse de cada estadio fenológico (muchas de estas fenofases se superponen y ocurren al mismo tiempo). En algunos casos las fenofases son fáciles de observar, pero en otros casos, debido a la complejidad de las plantas, no es fácil determinarlas debido a la compleja anatomía de algunas especies que las hacen difíciles de identificar (Guertin, *et al.*, 2017).

#### 2.1 Elección del sitio de muestreo

El Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan se encuentra tipificada como como: vegetación del Pedregal de San Ángel, en ella existen dos tipos principales de comunidades vegetales que son el matorral xerófilo y el bosque de encino.

Para elegir el sitio adecuado del monitoreo de las especies, se tomaron en consideración algunos factores como el fácil acceso al área, y la transportación accesible para acudir de manera periódica, otro factor que se tomó en cuenta fue la ubicación del sitio con condiciones ambientales representativas del área de estudio.

Aunado a esto, se consideró que el hábitat tuviera características semejantes a lo largo de todo el transecto, tomando en cuenta que la vegetación propia del sitio de estudio es matorral. Que no existiera un nivel de disturbio que pudiera afectar significativamente las especies a analizar, además se valoró que el tamaño y la delimitación del área se adecuara a los objetivos de la investigación. Por último, se solicitaron los permisos pertinentes a la Dirección General del Sistema de Áreas Naturales Protegidas y Áreas de valor ambiental para realizar las campañas de observación.

## **2.2 Determinación de individuos o unidades de muestreo**

Para este objetivo se realizó una búsqueda general de literatura y bases de datos de flora del sitio-ecosistema. En principio se filtró esta información por árboles, plantas y arbustos; después, se aplicó un segundo filtro para reconocer especies representativas. En este punto se analizó en la literatura la importancia de estas especies para el área de estudio.

Posteriormente, se realizó un recorrido prospectivo el día 7 de septiembre de 2019 en el área de estudio para determinar qué especies de las encontradas en la literatura contaban con las condiciones idóneas para su observación y se marcaron para su posterior observación.

Para la selección de los sujetos de investigación se comprobó en campo que, las especies no se ubicaran cerca de edificios o construcciones, ya que esto puede crear microclimas que pueden afectar en los resultados de la investigación. Dependiendo de la especie se eligieron

varios individuos, según su tamaño o en otros casos parches de vegetación (grupos de individuos de la misma especie). Finalmente se eligieron las siguientes especies descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Lista de especies monitoreadas para la identificación de su fenología anual en el Bosque de Tlalpan, Ciudad de México.

Nombre científico	Nombre común	Individuos	
		Área de monitoreo	Coordenadas
<i>Buddleia parviflora</i>	Tepozán	5 individuos	19°17'47.0"N 99°11'50.1"W
<i>Calliandra grandiflora</i>	Cabello de Ángel	Parche de 3x3 metros	19°17'48.2"N 99°12'01.3"W
<i>Echeveria gibbiflora</i>	Oreja de Burro	Parche de 2x3 metros	19°17'48.0"N 99°12'02.2"W
<i>Senecio praecox</i>	Palo loco	Parche de 3x3 metros	19°17'44.5"N 99°11'59.9"W

### 2.3 *Buddleia parviflora*. Características generales

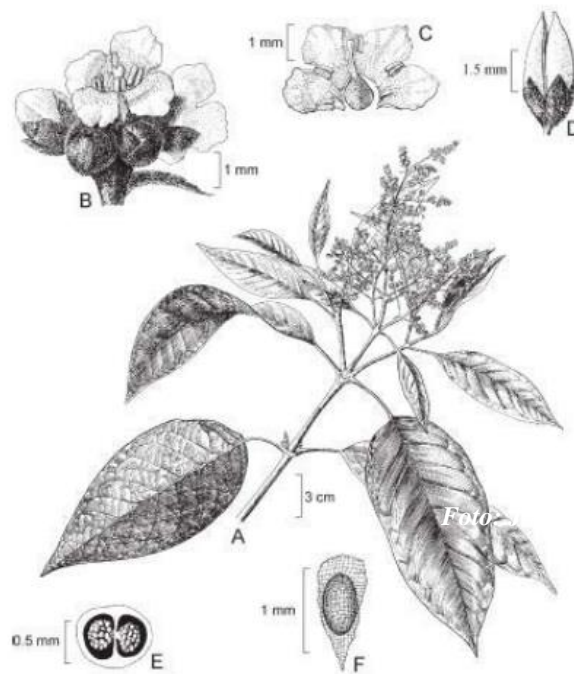


Figura 4. Esquema de *Buddleia parviflora*. Fuente: Rzendowsky, 2010.



Figura 5. *Buddleia parviflora*

### 2.3.1 Ubicación taxonómica

Nombre común: Tepozán de cerro

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Lamiales*

Familia: *Srophulariaceae*

Género: *Buddleja*

Especie: *Buddleia parviflora*

Nombre científico: *Buddleia parviflora*

Autoridad taxonómica: H.B.K. Kunth *Buddleja parviflora*, fue descrita por Carlos Linneo y publicado en *Nova Genera et Species Plantarum*

Individuos observados: 5 individuos.

Está ampliamente distribuida en el territorio nacional principalmente en el Altiplano, extendiéndose hasta Guatemala (Enciclovida, en línea, 2021).

### 2.3.2 Descripción botánica

Es un árbol fanerófito<sup>1</sup>, dioico<sup>2</sup>, que llega a medir de 1 a 20 metros de altura (Vargas, 1985), sus hojas son de forma ovalada a ovalado-lanceolar. El haz<sup>3</sup> presenta pubescencias<sup>4</sup>, el envés<sup>5</sup> es lanudo tomentoso y el borde es aserrado (Rojo y Rodríguez, 2002), inflorescencia<sup>6</sup> formada por grandes panículas<sup>7</sup> terminales de 14 a 25 cm de largo, ramificadas por 2 a 4 veces y con brácteas en cada ramificación (Ramírez y Goyes, 2004).

Su flor es blanca o amarillenta, campanulada; de cáliz tomentoso, de 1.5 a 4 mm de largo; corola de 3 a 4 mm de largo con lóbulos más largos que el tubo, oblongos y extendidos,

---

<sup>1</sup> En su mayoría árboles y arbustos leñosos que presentan sus yemas de renovación elevadas del suelo y expuestas a la atmósfera durante la estación desfavorable (Ramírez Padilla y Goyes Acosta, 2004).”

<sup>2</sup> Son aquellas pertenecientes al grupo de las angiospermas en las cuales las flores femeninas y masculinas se encuentran en individuos diferentes; razón por la cual solo pueden reproducirse a través de polinización cruzada.

<sup>3</sup> Cara superior que recibe directamente la radiación solar (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>4</sup> Con pelos relativamente cortos, suaves al tacto muy finos y poco densos (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>5</sup> Superficie inferior que mira generalmente hacia el suelo, puede tener color más claro (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>6</sup> Cualquier tipo de ramificación, constituida por elementos axiales y vegetativos que terminan finalmente en flores racimos (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>7</sup> Sobre el eje principal se disponen inflorescencias parciales correspondientes a racimos (Ramírez y Goyes, 2004).



imbrincados<sup>8</sup> en el botón, pubescentes interna y externamente; estambres subsésiles o con filamentos cortos y fuertes; ovario ovoide, estilo conspicuo, estigma claviforme, muy ligeramente bilabiado (Ramírez y Goyes, 2004) El fruto es ovoide elipsoide, de 2.5 a 6 mm de largo por 0.2 a 0.4 mm de ancho (Ramírez y Goyes, 2004).

#### 2.4 *Calliandra Grandiflora*. Características generales



Figura 6. Esquema de *Calliandra Grandiflora*. Fuente: Sierra, S. (1998)

##### 2.4.1 Ubicación taxonómica

Nombres comunes: Cabello de ángel, cola de tijereta, barba de león o señorita de monte.

Reino: *Plantae*

---

<sup>8</sup> Adj. Biol. Dicho de las hojas, de las semillas y de las escamas: sobrepuestas unas a otras como las tejas en un tejado (Ramírez y Goyes, 2004).

Orden: *Fabales*

Familia: Fabaceae

Género: *Calliandra*

Especie: *Calliandra Grandiflora*

Nombre científico: *Calliandra Grandiflora*

Autoridad taxonómica: *Calliandra grandiflora* fue descrita por George Bentham y publicado en *Journal of Botany, being a second series of the Botanical Miscellany* 2.

Individuos observados: parche de 3x3 metros.

El nombre *Calliandra* deriva del griego *kalli* = "hermoso" y *andros* = "masculino", refiriéndose a sus estambres bellamente coloreados y *grandiflora*: epíteto latino compuesto que significa "con flores grandes". Es originaria del sur de México y Guatemala y ha sido utilizada desde la época prehispánica por los aztecas como narcótico. Actualmente se utiliza en la medicina popular mexicana. Ésta y otras especies del género *Calliandra* debido a sus inflorescencias rojas distintivas, son usadas como plantas ornamentales (Conabio, Enciclovida, 2021).

#### **2.4.2 Descripción botánica**

Arbusto de 1 a 3 metros de altura. Tallo con la corteza negruzca, ramillas pubescentes; estípulas pequeñas y angostas, hojas de 15 cm o más de largo, peciolo y raquis algo angulados, y este último densamente pubescente, pinnas 8 a 20 pares, cada una con 20 a 50 pares de folíolos linear-oblongos, casi rectos, de 4 a 6 mm de largo por 1 a 1.5 mm de ancho, ápice obtuso o ligeramente agudo, pero no acuminado, margen entero, ciliado, base oblicua,

nervio principal más o menos centrado, glabros o algo pubescentes en el envés; capítulos con pedúnculos de 1 cm de largo, formando racimos terminales densos, alargados, de 5 a 7 cm de largo, con el eje grueso. Flores cortamente pediceladas y densamente café o gris-puberulentas; cáliz de 2 a 4 mm de largo con los dientes triangulares, anchos y agudos; corola de 10 a 12 mm de largo, con los lóbulos oblongo-lanceolados, agudos; estambres numerosos, de 4.5 a 5 cm de largo, de color púrpura brillante; legumbre de 6 a 12 cm de largo por 12 a 15 mm de ancho, densamente hispida, ápice obtuso o redondeado y rostrado, base cuneada, margen engrosado; semillas 3 a 5, obovadas, de 6 a 10 mm de largo por 3 a 5 mm de ancho, de color amarillento. “Cabello de ángel”, “tzonxóchitl”.

La cuenca de México se encuentra entre 2,250 y 2,500 m de altitud, en sitios con pastizal, matorral y bosque de encino. Se ha colectado en los municipios y delegaciones de Villa Nicolás Romero y Tepotzotlán, Tlalpan, Ixtapaluca y Amecameca. Fuera de la región de estudio se distribuye de Chihuahua y Sinaloa a Chiapas y Guatemala.

## **2.5 *Echeveria gibbiflora*. Características generales**

### **2.5.1 Ubicación taxonómica**

Nombre común: oreja de burro, lengua de vaca o tememetla.

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Eudicotyledoneae*

Orden: *Saxifragales*

Familia: *Crassulaceae*

Género: *Echeveria*

Especie: *Echeveria gibbiflora*

Nombre científico: *Echeveria gibbiflora*

Autoridad taxonómica: *Echeveria gibbiflora* fue descrita en 1828 por Augustin Pyrame de Candolle en *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*.

Individuos observados: parche de 3 x 3 metros.

Es originaria de México, donde habita en climas semicálido a templado entre los 1800 y los 2600 msnm. Prospera en matorrales xerófilos y bosques mixtos. *Echeveria* viene del artista botánico mexicano del siglo XVIII Atanasio Echeverría y Godoy y *gibbiflora* del: epíteto latino que significa "de flores jorobadas".

### 2.5.2 Descripción botánica

Planta glabra<sup>9</sup> con tallos gruesos hasta de 1 m de alto, que junto con la inflorescencia de aproximadamente el mismo largo puede alcanzar un total de dos metros, sus hojas se encuentran dispuestas en una densa roseta en la parte superior del tallo, glaucas<sup>10</sup>, tendiendo a enrojecerse sobre toda la superficie, obovado<sup>11</sup>- espatuladas, de 15 a 30 cm de largo por 7 a 15 cm de ancho, ápice triangular o escotado, haz cóncavo, envés aquillado<sup>12</sup> sobre todo hacia la base; pedúnculo floral con hojas semejantes a las de la roseta, pero más reducidas (Vargas, 1985).

---

<sup>9</sup> Con la superficie completamente lisa (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>10</sup> Dicho de un color: verde claro.

<sup>11</sup> Con forma de huevo.

<sup>12</sup> Dicho de un órgano que tiene una parte prominente (Ramírez y Goyes, 2004).

La inflorescencia es paniculada<sup>13</sup>, ramificada y laxa; sus flores son de hasta 2.5 cm de largo, manifiestamente pediceladas<sup>14</sup> de color rojo y amarillo, a veces pruinosas<sup>15</sup>; sépalos desiguales, lanceolados, aquillado- umbonados en la base; sus semillas son largamente oblongas, de 0.75 mm de largo (Vargas, 1985).

### *Crassulaceae*<sup>16</sup>

Habita sustratos rocosos carentes de suelo. Se ha observado que entre los colibríes *Cynantus latirostis* son el polinizador efectivo. Las semillas son dispersadas por el viento. Su fenología se caracteriza porque florece de noviembre a febrero y fructifica a mediados de noviembre a febrero (Rojo y Rodríguez, 2002).

---

<sup>13</sup> Sobre el eje principal se disponen inflorescencias parciales correspondientes a racimos (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>14</sup> Pedicelo o pedúnculo (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>15</sup> Cubierta con sustancia cerosa y blanquecina o azul verdosa que forma gránulos, vírgulas o pequeñas costras que se desprenden fácilmente por fricción (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>16</sup> Plantas herbáceas (a veces muy pequeñas), anuales, perennes o arbustivas, generalmente suculentas, con mucha frecuencia glabras (Vargas, 1985).



Figura 7. *Echeveria gibbiflora*. Foto de la autora.

## 2.6 *Senecio praecox*. Características generales

### 2.6.1 Ubicación taxonómica

Nombre común: Palo loco, Candelero, Palo bobo, Tescapatli, Texcapatli

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Asterales*

Familia: *Asteraceae*

Género: *Pittocaulon*

Especie: *Pittocaulon praecox*

Nombre científico: *Senecio praecox*

Autoridad taxonómica: *Pittocaulon praecox* fue descrito en 1973 por Harold E. Robinson y Robert D. Brettell en *Phytologia* 26

Individuos observados: parche de 3x3 metros.

Es una planta nativa de las zonas semiáridas y templadas del centro y sur de México. El nombre *Pittocaulon* viene del griego Ρητίνη, "resina", y καυλος, "tallo"; en referencia a los tallos resinosos de los miembros de este género y *praecox*: epíteto latino que significa "precoz" o "de maduración temprana".

Mucha de la literatura especializada sigue empleando el nombre científico de *Senecio praecox*, descrito en 1837 por Augustin Pyrame de Candolle en *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*, vol. 6: 431

### **2.6.1 Descripción botánica**

Arbusto o planta arborescente caducifolia, candelabroiforme, de 1 a 4 m de alto, glabro; tallos comúnmente varios, a menudo partiendo desde la base hasta 10 cm de diámetro, erectos, succulentos, quebradizos, huecos y tabicados, corteza de color gris claro (Vargas, 1985).

Sus hojas se disponen en fascículos y aglomeradas en el extremo de las ramas, peciolo<sup>17</sup> hasta de 17.5 cm de largo, láminas usualmente ovaladas, subpalmatinerves, de 2 a 18 cm de

---

<sup>17</sup> Prolongación estrecha del tallo o rabillo de la hoja, sirve para el transporte de agua y sustancias asimiladas (Ramírez y Goyes, 2004).

largo, de 2 a 10 cm de ancho, márgenes de 5 a 8 lóbulos acuminados, con el borde entero, cordadas en la base, glabras en ambas superficies; inflorescencia en forma de cimas corimbiformes<sup>18</sup>, con un mechón de pelillos cortos en la base de los pedicelos y de las bracteolas; cabezuelas radiadas, numerosas, de 10 a 15 mm de alto, sobre pedicelos hasta de 2.5 cm de largo, bracteolados<sup>19</sup>; involucreo cilíndrico o ligeramente campanulado, sus brácteas 7 u 8, oblongo-lanceolados o elípticas, de 5 a 10 mm de largo, agudas en el ápice, glabras, carentes de cálculo<sup>20</sup>; receptáculo plano; flores liguladas 5 o 6, amarillas, sus láminas oblongo-elípticas u oblanceoladas, de 6 a 15 mm de largo; flores del disco 13 a 22, amarillas, de 9 a 12 mm de largo; aquenios<sup>21</sup> maduros claviformes a subcilíndricos, de 3 a 4 mm de largo, estriados y glabros, de color café, cerdas de vilano<sup>22</sup> blancas, de 6 a 8 mm de largo (Vargas, 1985).

Las semillas son dispersadas por el viento. Los tallos están adaptados para almacenar grandes cantidades de agua. Su fenología se reconoce porque florece de febrero a junio; fructifica de junio a enero y pierde sus hojas de mayo a septiembre (Rojo y Rodríguez, 2002).

Se extiende desde Zacatecas, San Luis Potosí y Jalisco a Puebla y Oaxaca. En esta especie se reconocen dos variedades, de las cuales solamente la típica se encuentra en el Valle de México (Vargas, 1985).

---

<sup>18</sup> Corimbo: Flores pediceladas se colocan alrededor del eje a distintas alturas (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>19</sup> Son hipsófilos más o menos transformados que sustentan a grupos de flores o a cada una de las flores (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>20</sup> Está formado por el conjunto de hipsófilos o de apéndices estipulares de los sépalos que se ubican externamente en el cáliz (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>21</sup> Fruto monospermo derivado de un ovario unilocular, el pericarpio independiente de la semilla (Ramírez y Goyes, 2004).

<sup>22</sup> Penacho apical de pelos, escamas, ganchitos más o menos largos que lleven una semilla.





Figura 8. *Senecio praecox*. Foto de la autora.

## 2.7 Levantamiento de datos fenológicos

El levantamiento de datos fenológicos se realizó de noviembre 2019 a junio 2021, con campañas de observación cada 15 días (Tabla 2) al Bosque de Tlalpan (Tabla 1). Se realizó un registro fotográfico de cada una de las especies, así como un registró escrito en una libreta de campo. Se tomó nota de la fase fenológica en que se encontraban las plantas con apoyo de guías de campo y bibliografía. La intensidad de la fase fenológica en la que se encontraba cada especie se determinó en porcentaje. Los datos recopilados permiten capturar las transiciones fenológicas con detalle, para después identificar con precisión los patrones fenológicos de cada especie. Se obtuvieron los formatos de registro por especie y por campaña (Figura 9).



Especie: Nombre científico (Tepozán)			
Fecha	Escala BBCH	Fase o fases fenológicas	Fotografías
13 de noviembre 2019	DH-FL	Cambio de color en las hojas. Caída de hojas. Brotos florales	 

Figura 9. Ejemplo de formato de registro.

## 2.8 Cronograma de observaciones

Tabla 2. Cronograma de observaciones y monitoreo.

Actividad	Septiembre 2019	Octubre 2019	Noviembre 2019	Diciembre 2019	Enero 2020	Febrero 2020	Marzo 2020	Abril 2020	Mayo 2020	Junio 2020	Julio 2020	Agosto 2020	Septiembre 2020	Octubre 2020	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Abril 2021	Mayo 2021	Junio 2021
Visita de prospección																			
Monitoreo climático																			
Monitoreo fenológico																			

## 2.8 Levantamiento de datos meteorológicos

Para el registro de datos meteorológicos se utilizó una estación meteorológica móvil, medidor de clima marca *Kestrel* (Figura 10). Con este se obtuvieron los datos de temperatura, humedad relativa y altitud, los cuales se tomaron en un transecto de 1 kilómetro a cada 100 m, donde se encuentran ubicadas las cuatro especies de estudio. Los datos de temperatura se registraron en una bitácora (Figura 11). Dichas campañas se realizaron por la mañana alrededor de las 7:00 h y por la tarde a las 12:00 h. Una vez en cada estación del año, comenzando por el otoño de 2019 para culminar en la primavera de 2021.

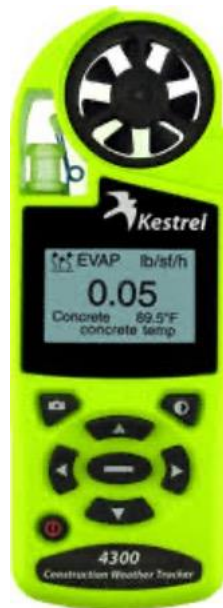


Figura 10. Estación meteorológica móvil, medidor de clima marca Kestrel.



Figura 11. Levantamiento de datos meteorológicos. Foto de la autora.

## **2.9 Registro de fases por individuos**

Para los objetivos de esta tesis se consideró el periodo de septiembre de 2019 a junio de 2021. Para registrar las observaciones realizadas en campo se elaboró un informe fenológico donde se describe las fases de cada especie, su estacionalidad, el porcentaje en que se presentan, su relación con los registros de temperatura local y regional. Se garantizó que se todas las fases y etapas fenológicas anuales de cada especie fueran observadas y registradas.

Para este informe se elaboró una plantilla de datos en Excel para cada especie, la cual se alimentó con la fecha de cada observación, las fases fenológicas observadas, porcentaje de observación de cada fase y las fotografías de las mismas.

La selección de individuos a observar se realizó de dos maneras, por parches de vegetación (es decir, un área determinada donde se ubicaron una cantidad suficiente de individuos de la misma especie en condiciones saludables y alejadas de un área donde puedan ser perturbadas) y por conjunto de especies (es decir, una selección de individuos de la misma especie, los cuales fueron marcados con una señal visible, ubicadas en un espacio homogéneo y alejado de un área donde puedan ser perturbadas). Fue con este criterio que se decidió monitorear la especie *Buddleia parviflora* como un conjunto, ya que es una especie arbórea, *Calliandra grandiflora* se monitoreo como un parche, ya que es una especie arbustiva, *Echeveria gibbiflora* también como un parche ya que es una planta suculenta y abundante en el área de estudio. Por último, *Senecio praecox* el cual también se monitoreo por parche dada su abundancia y que es una especie arbustiva (Figura 12).



Figura 12. Campaña de datos fenológicos. Foto de la autora.

### **2.10 Escala extendida BBCH**

Para un adecuado registro de las observaciones fenológicas se decidió tomar como base la escala extendida BBCH que es un sistema para la codificación uniforme de identificación

fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas. Esta es la base para todas las especies, elaborándose las escalas individuales a partir de ella. La escala general puede ser aplicada en aquellas especies para las cuales no existe una escala individual (Hack *et al.*, 1992 citado en Bleiholder *et al.*, 1996).

El ciclo completo de desarrollo de las plantas se subdivide en diez estadios principales de desarrollo (Tabla 3). Estos estadios principales de crecimiento son descritos usando números del 0 al 9 en orden ascendente (Bleiholder *et al.*, 1996).

Según la especie de la planta, pueden producirse cambios en el proceso de desarrollo o puede suceder que algunos estadios no tengan lugar. Los estadios principales de crecimiento no necesariamente ocurren siempre en estricta secuencia, pueden ocasionalmente aparecer de forma paralela. Los estadios principales de crecimiento sirven para describir tiempos amplios en el curso del desarrollo de la planta. Por otra parte, los estadios secundarios se usan para describir con mayor precisión las fases cortas del desarrollo de la planta (Bleiholder *et al.*, 1996).

Para el caso de estudio se decidió modificar dicha escala para adecuarla a las especies que se monitorearon (Tabla 4). Se analizaron las principales fases fenológicas observadas en cada especie y solo se seleccionaron las fases que resultaran útiles para el caso.

Tabla 3. Escala BBCH. Fuente: Bleiholder *et.al* (1996).

<b>Estadio</b>	<b>Descripción</b>
0	Germinación, brotación, desarrollo de la yema
1	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	Formación de brotes laterales/macollamiento (ahijamiento)
3	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/encañado (tallo principal)
4	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación/embuchamiento
5	Emergencia de inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
6	Floración (tallo principal)
7	Desarrollo del fruto
8	Coloración o maduración de frutos y semillas
9	Senescencia, comienzo de la dormancia

Tabla 4. Escala BBCH modificada para el caso de estudio.

Estadio	BBCH	Descripción
1	DH	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	FB	Formación de brotes laterales/macollamiento (ahijamiento)
3	CT	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/encañado (tallo principal)
5	EI	Emergencia de inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
6	FL	Floración (tallo principal)
8	MS	Coloración o maduración de frutos y semillas
9	SE	Senescencia, comienzo de la dormancia



## 2.11 Datos meteorológicos de zonas aledañas

Para caracterizar el clima de la zona de estudio se consultaron los datos de temperatura y precipitación de la estación climatológica del Servicio Meteorológico Nacional más cercana al Bosque de Tlalpan que fue la estación Desviación Alta al Pedregal (Clave 09020 del Servicio Meteorológico Nacional) (Tabla 5) para el periodo de octubre de 2019 a diciembre de 2020 (Tabla 3). Con esta información se pudo analizar la relación que guardan la temperatura y el desarrollo de las fases fenológicas de cada especie.

Tabla 5. Estación climatológica considerada para este estudio.

<b>Estación</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud</b>	<b>Situación</b>	<b>Datos desde:</b>	<b>Fuente de consulta</b>
Desviación Alta al Pedregal (9020)	19°17'48.8"N 99°10'55.9"W	2,296 m.s.n.m	Operando	1 de enero de 1952	Servicio Meteorológico Nacional  CONAGUA

## Capítulo 3

### Resultados

Uno de los resultados de este proyecto fue la elaboración de una microclimatología del transecto donde se observaron las especies. Se consideró la variación de temperatura y la humedad dentro del bosque, para este objetivo se realizaron cuatro campañas y en estas se tomaron datos por la mañana y por la tarde, los días 30 de octubre de 2019, 28 de febrero de 2020, 7 de junio de 2020 y, por último, el 15 de septiembre de 2020 y 2021.

Se construyeron calendarios fenológicos correspondientes a las cuatro especies monitoreadas, con la información obtenida en campo durante los meses de octubre de 2019 a mayo de 2021, para este fin se realizaron en total 24 visitas a campo. De acuerdo con el protocolo de registro fenológico, para este estudio se procuró realizar las visitas al parque cada 15 días. Sin embargo, no se lograron concretar todas las campañas, ya que durante los meses de marzo a mayo del 2020 el Bosque de Tlalpan permaneció cerrado debido a la contingencia sanitaria por la pandemia de COVID-19.

#### 3.1 Descripción de transecto

El transecto se describe en la Figura 13, se ingresó por el acceso principal al Bosque de Tlalpan ubicado en la calle, Camino a Santa Teresa, muy cercano a las caballerizas en el paraje Musaraña, donde se observaron especies (Figura 12): *Buddleia parviflora* (1), *Muhlenbergia robusta*, elementos arrosados de agaves (2), hierbas como lo son la *Salvia Mexicana* (3), *Cosmos bipinnatus* (4), *Dahlia coccínea* (5) *Mentzelia hispida* (6), siguiendo por las Torres, donde se encontró *Calliandra grandiflora* (7) , *Echeveria gibbiflora* (8) y *Senecio praecox* (9) y finalizando en la Cañada (Figura 14).

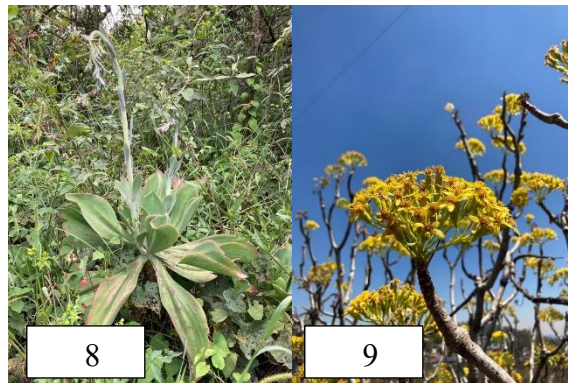
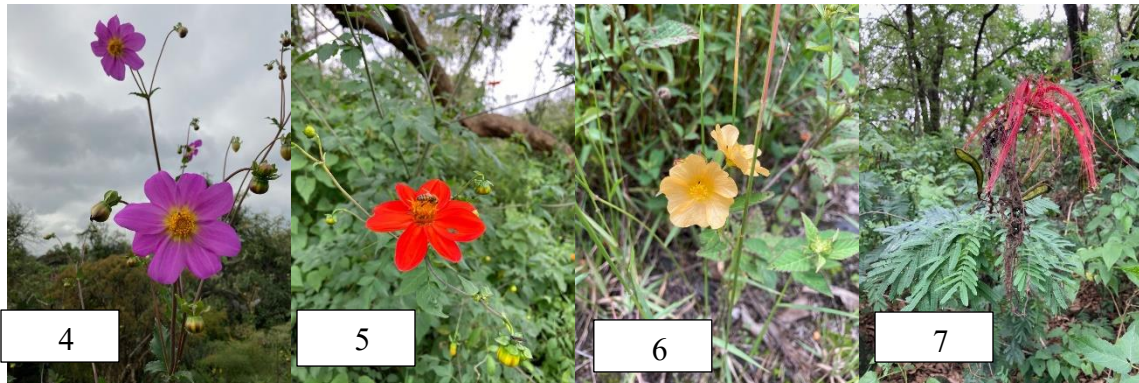
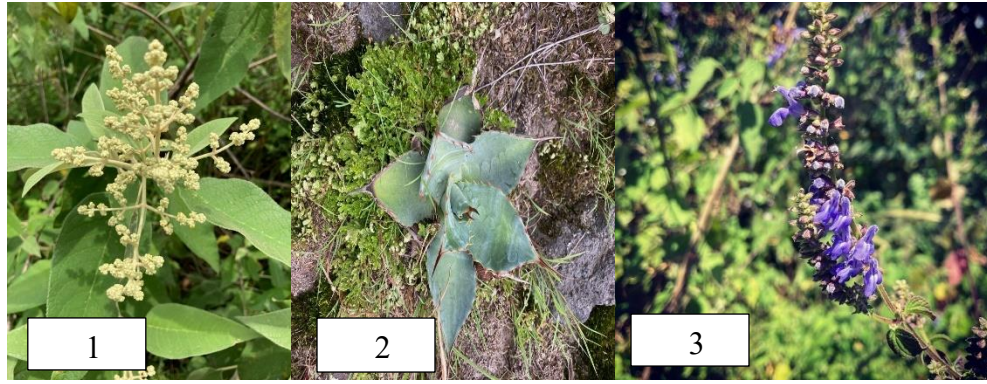


Figura 13. Especies monitoreadas en Bosque de Tlalpan. *Buddleia parviflora* (1), *Muhlenbergia robusta* (2), *Salvia Mexicana* (3), *Cosmos bipinnatus* (4), *Dahlia coccínea* (5) *Mentzelia hispida* (6), *Calliandra grandiflora* (7), *Echeveria gibbiflora* (8) y *Senecio praecox* (9). Fuente: Fotos de la autora.

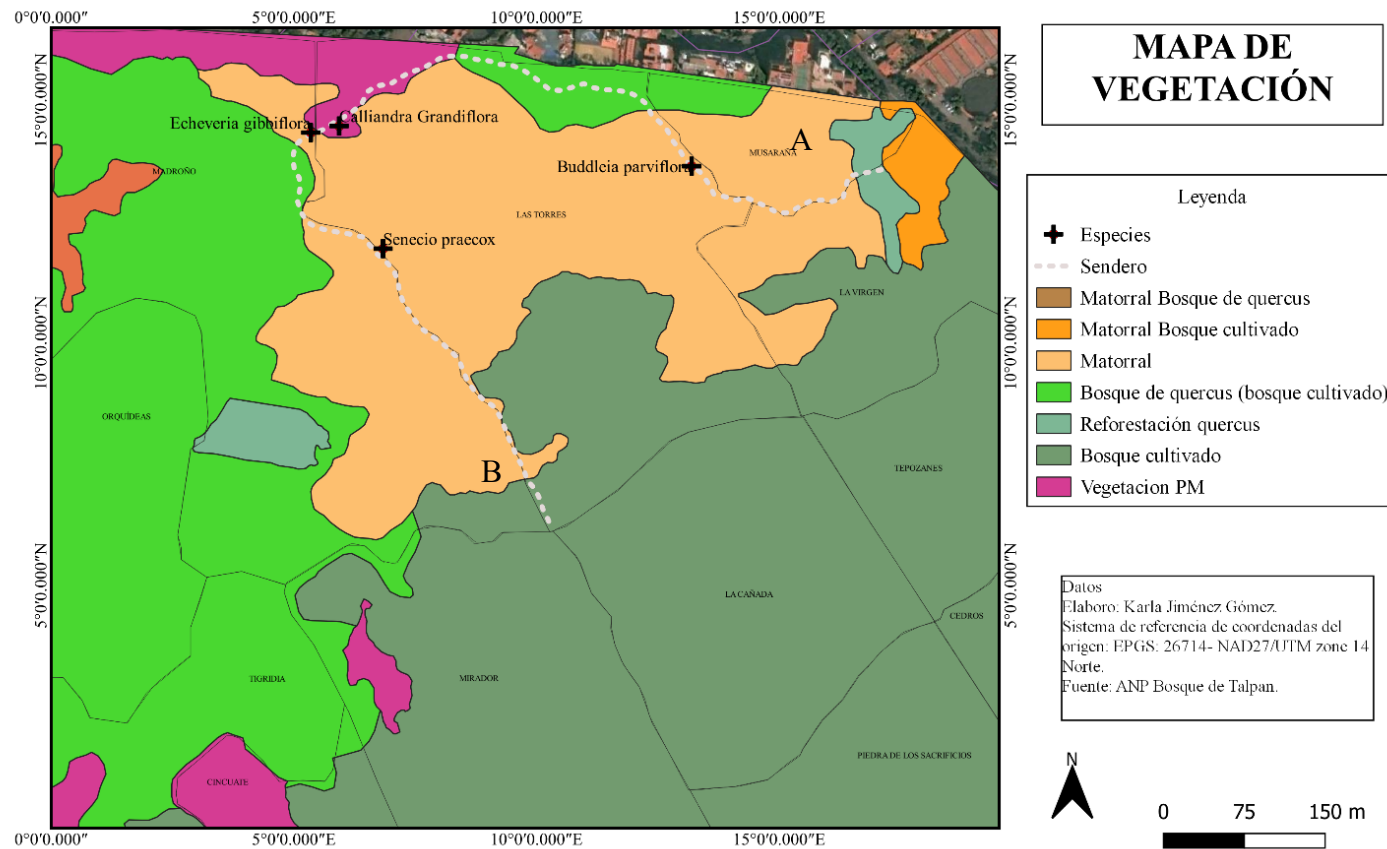


Figura 14. Mapa de vegetación y transecto. Elaboración propia.

En el transecto que se recorrió del punto A al punto B (Figura 14) se observa cómo se muestra en el perfil general de la vegetación (Figura 15).

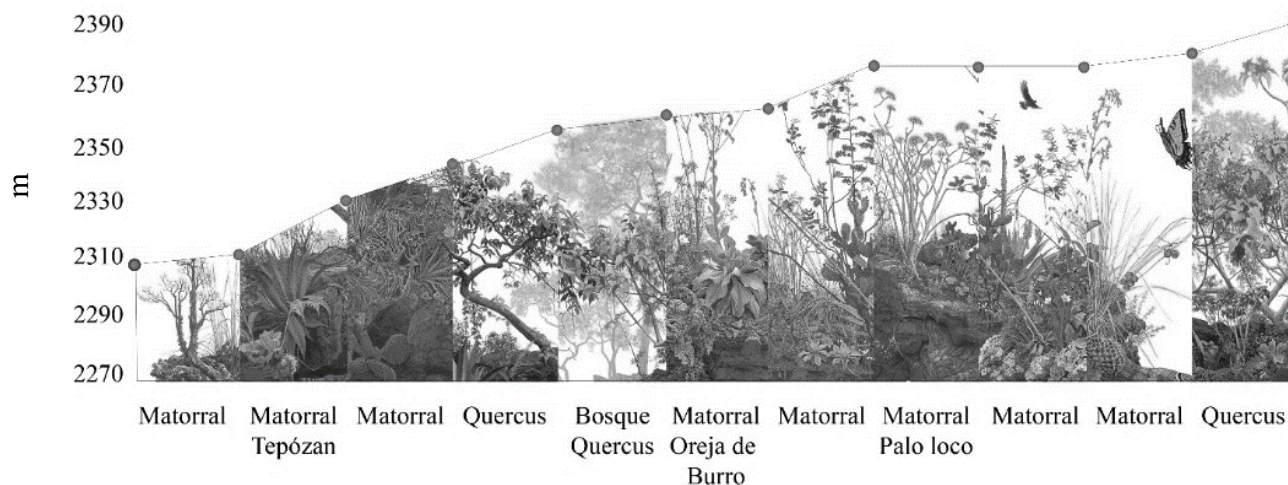


Figura 15. Perfil altitudinal de la vegetación y transecto de observación.

Fuente de ilustraciones: REPSA.

Para el análisis climatológico del sitio de estudio se tomó como herramienta la estación Desviación Alta al Pedregal (09020) del Servicio Meteorológico Nacional (Figura 16). La cual nos mostró información climática a lo largo del tiempo, esta fue de utilidad para el análisis de la fenoclimatología de cada una de las especies.

Según los datos de la estación (Anexo IV), la temperatura promedio mínima es de 8.3°C y máxima de 23°C. Una precipitación promedio mínima de 2.7mm y máxima de 3.7mm y presentando precipitaciones extremas promedio de 94mm en el mes de septiembre. El mes más cálido fue abril con temperatura promedio de 25°C y el mes que registra temperaturas más frías es enero con un promedio de 5°C.

En el caso de los meses con lluvia se encontró que los meses con menores precipitaciones se registran en febrero y diciembre con un promedio en ambos de 0.2mm, el mes con mayor precipitación es el mes de julio el cual registra un promedio de 7mm.

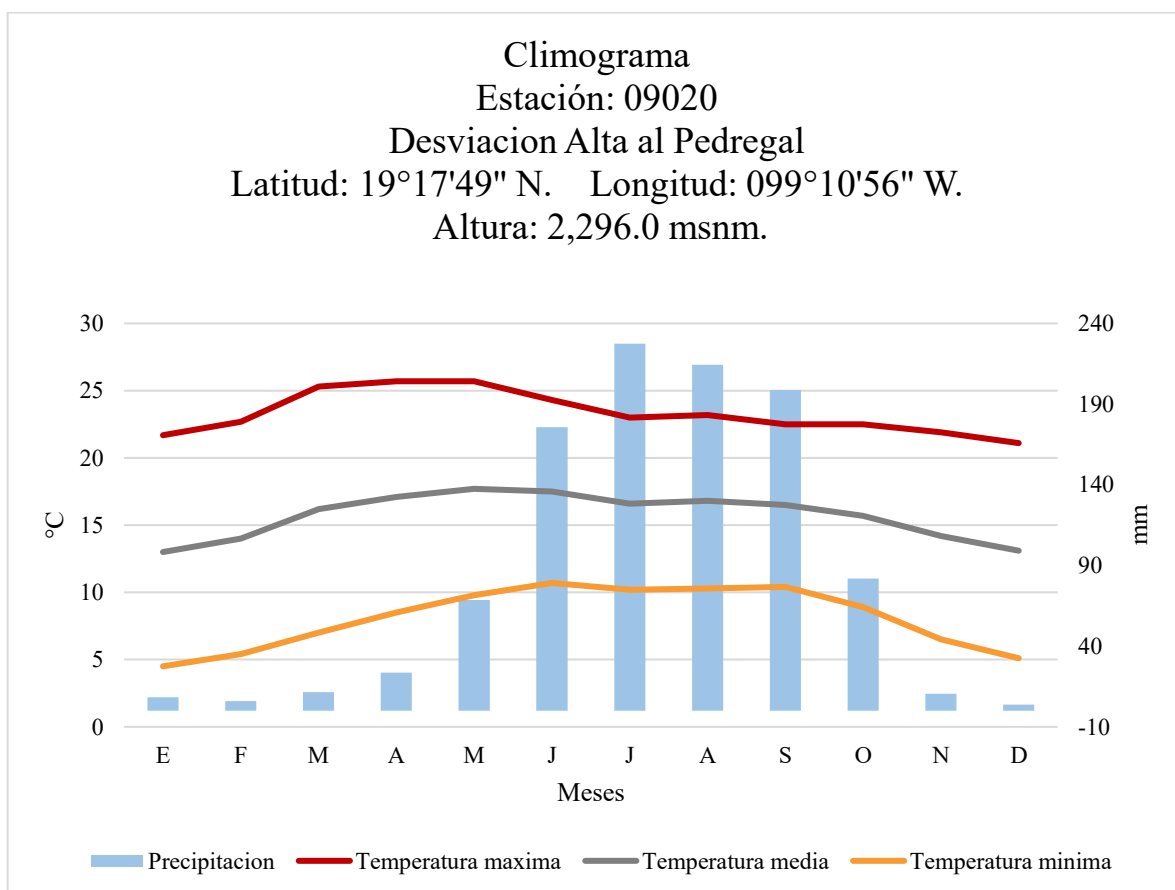


Figura 16. Climograma de la estación del SMN “Desviación Alta al Pedregal”

### 3.2 Primera campaña

En la primera campaña matutina, el día 30 de octubre de 2019, en un periodo de 67 minutos, se registró una variación en la temperatura (Figura 17) de entre 15.2°C hasta los 19.6 °C, encontrando una diferencia de 4.4 °C de temperatura; con un porcentaje de humedad (Tabla 6) de entre 78% hasta 94.7% y una diferencia de 16.7% de humedad.

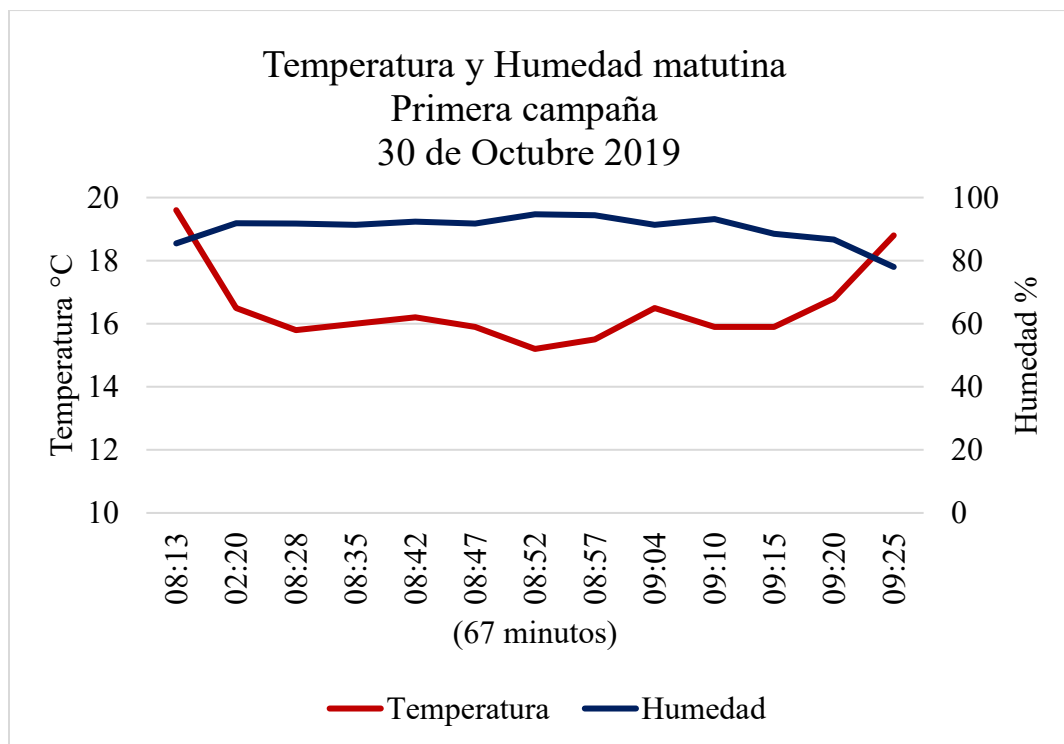


Figura 17. Gráfica de temperatura y humedad matutina (primera campaña).

Con respecto a la altitud (Figura 18), la temperatura en esta campaña se registró elevada en el inicio del transecto por dos factores, uno es la altitud y otro es la cercanía a la entrada principal que se ubica muy cerca de la calle, la temperatura descendió cerca de los 2,260 m para aumentar nuevamente, en los 2,280 m, cabe señalar que, estos cambios coinciden con el incremento de la altitud.

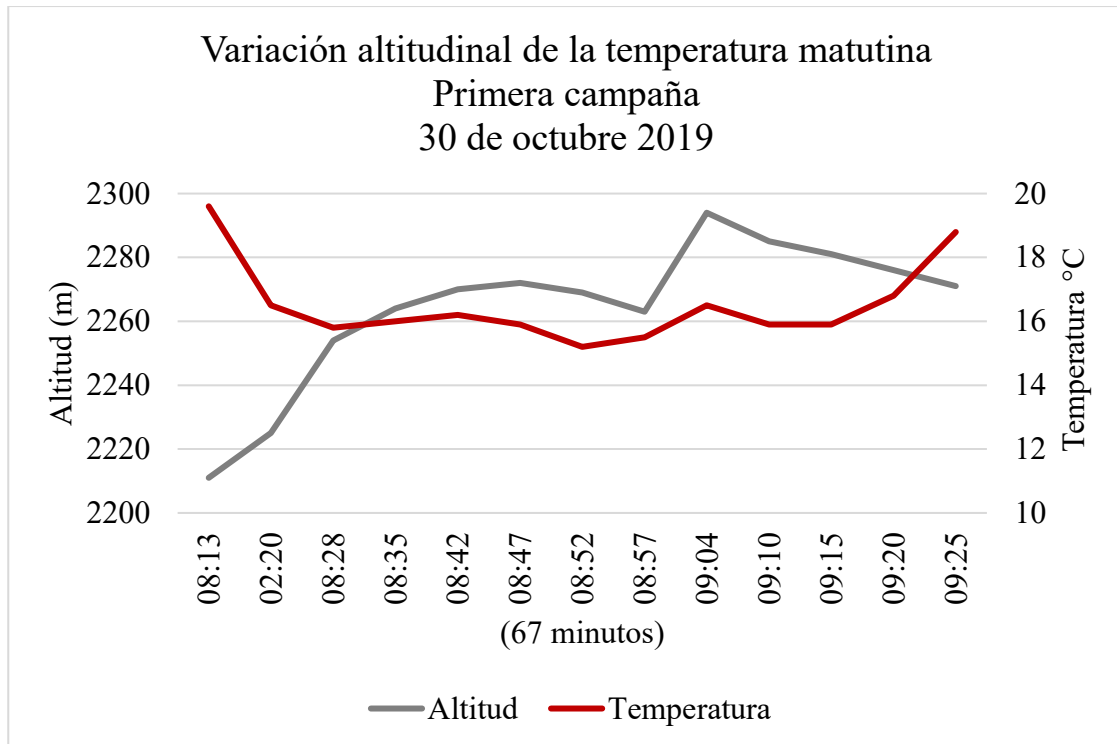


Figura 18. Gráfica de variación altitudinal de la temperatura matutina, (primera campaña).

La estación climatológica más cercana, Desviación Alta al Pedregal, registró para ese día una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 25°C, lo cual indicó que la temperatura mínima dentro y fuera del sitio de estudio es notablemente distinta en cerca de 5.2°C y en las temperaturas máximas se encontró que la diferencia llegó hasta los 5.4°C.

### 3.3 Segunda campaña

En la segunda campaña matutina, el día 28 de febrero de 2020, en un periodo de 63 minutos, se registró una variación en la temperatura (Figura 19) de entre 10.2°C hasta los 12.2°C, encontrando una diferencia de 2°C; con un porcentaje de humedad (Tabla 7) de entre 56.3% hasta 92.3% y una diferencia de 36% de humedad.



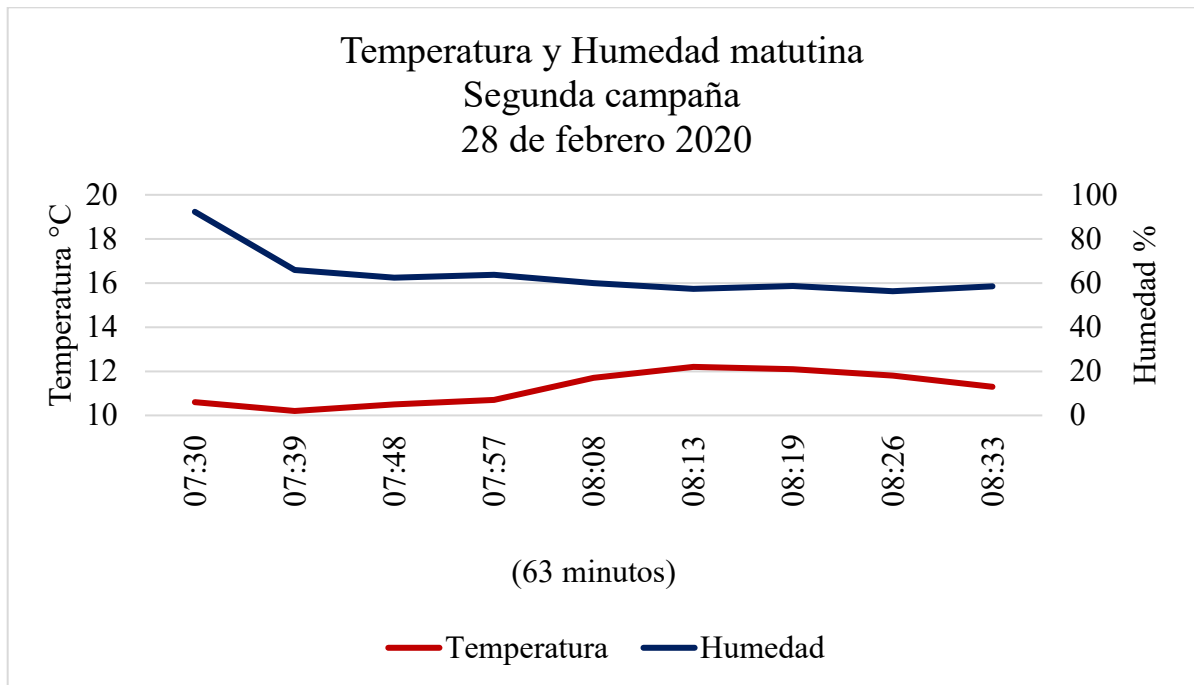


Figura 19. Gráfica de temperatura y humedad matutina (segunda campaña).

En la segunda campaña vespertina, el día 28 de febrero de 2020, en un periodo de 63 minutos, se registró una variación en la temperatura (Figura 20) de entre 21.9°C hasta los 25.8°C, encontrando una diferencia de 3.9°C de temperatura; con un porcentaje de humedad de entre 33.9% hasta 40.2% y una diferencia de 6.3% de humedad.

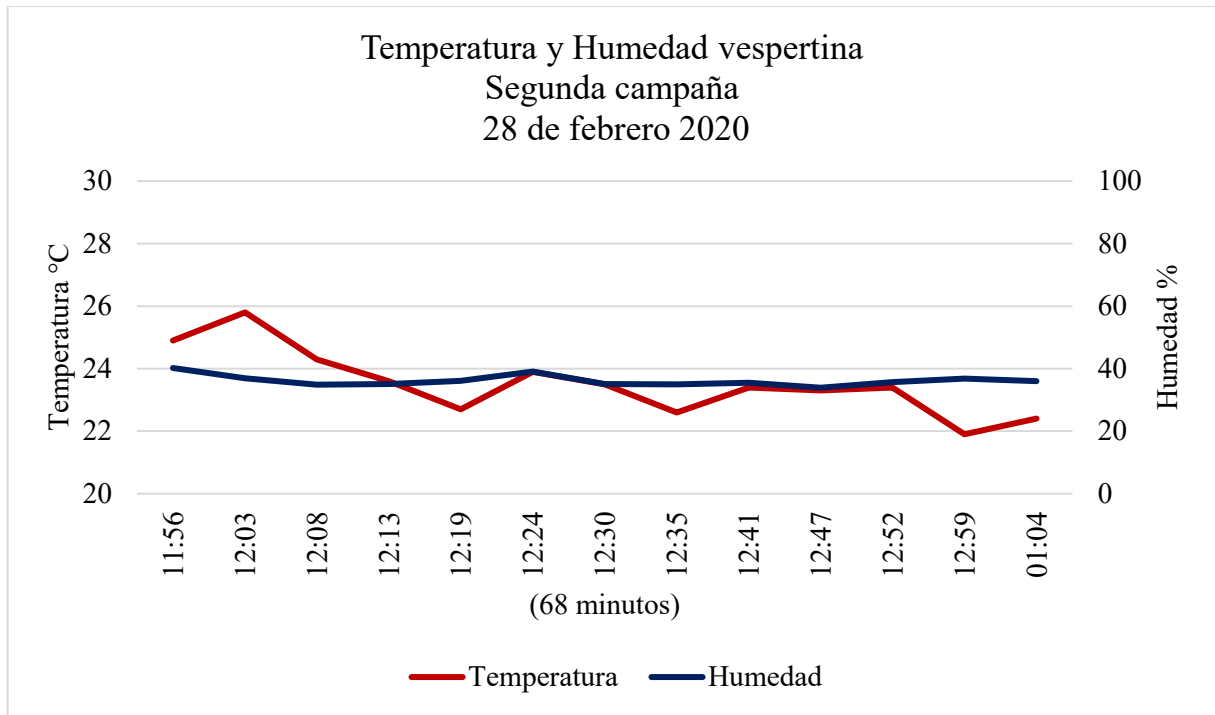


Figura 20. Gráfica de temperatura y humedad vespertina (segunda campaña).

En la campaña matutina, con respecto a la altitud (Figura 21), la temperatura fue similar desde el inicio del transecto, y aumentó cerca de los 2,220 m, lo cual también coincide con la altitud registrada, manteniéndose así hasta finalizar el transecto.

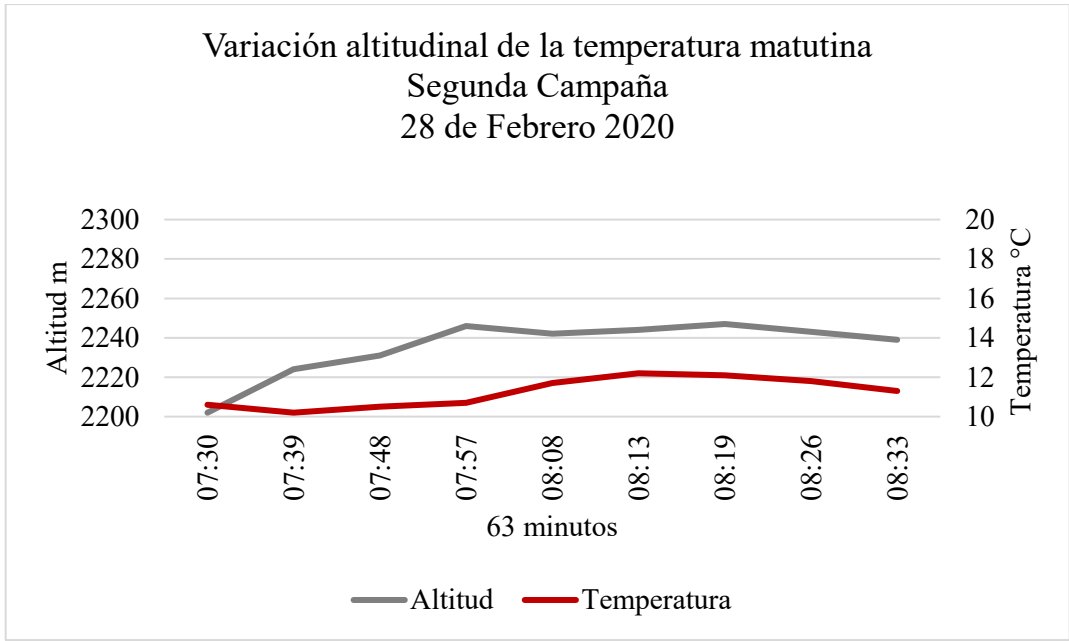


Figura 21. Gráfica de la variación altitudinal de la temperatura matutina (segunda campaña).

En la campaña vespertina (Figura 22), la temperatura que se registró al inicio fue de 26°C, descendiendo cerca de los 2,230 m a los 24°C, para mantenerse durante el transecto, hasta que, en los 2,220 m desciende a los 22°C.

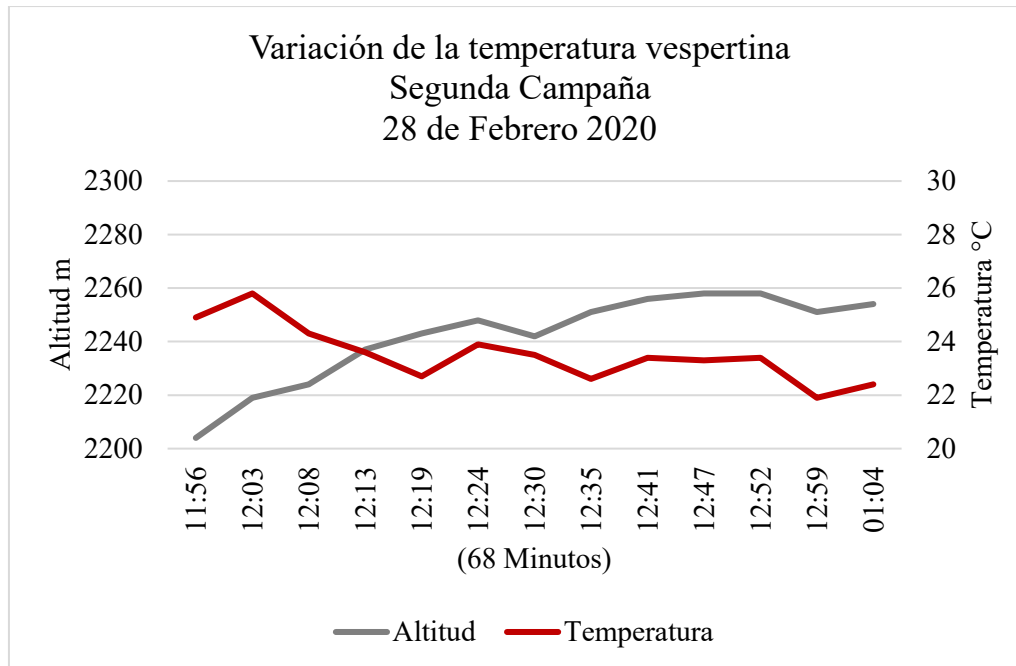


Figura 22. Gráfica de la variación altitudinal de la temperatura, segunda campaña (vespertina).

Para la campaña vespertina, la estación climática más cercana Desviación Alta al Pedregal, registró para ese día, 28 de febrero de 2020, una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 26°C, lo cual indicó que la temperatura mínima registró una diferencia de 11.9°C y en las temperaturas máximas 0.2°C, esto considerando que las temperaturas por la tarde son mayores.

Para la campaña matutina, la estación climática más cercana Desviación Alta al Pedregal, registro para ese día, 28 de febrero de 2020, una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 26°C, lo cual indicó que la temperatura mínima dentro y fuera del sitio de estudio fue similar en cerca de 0.2°C y en las temperaturas máximas se encontró que la diferencia llegó hasta los 13.2 °C, considerando que, por las mañanas las temperaturas suelen ser menores.

### 3.4 Tercera campaña

En la tercera campaña matutina, el día 7 de junio de 2020, en un periodo de 54 minutos, se registró una variación en la temperatura (Figura 23) de entre 15.6°C hasta los 16.9°C, encontrando una diferencia de 1.3°C de temperatura; con un porcentaje de humedad (Figura 20) de entre 75.2% hasta 82.1% y una diferencia del 6.1% de humedad.

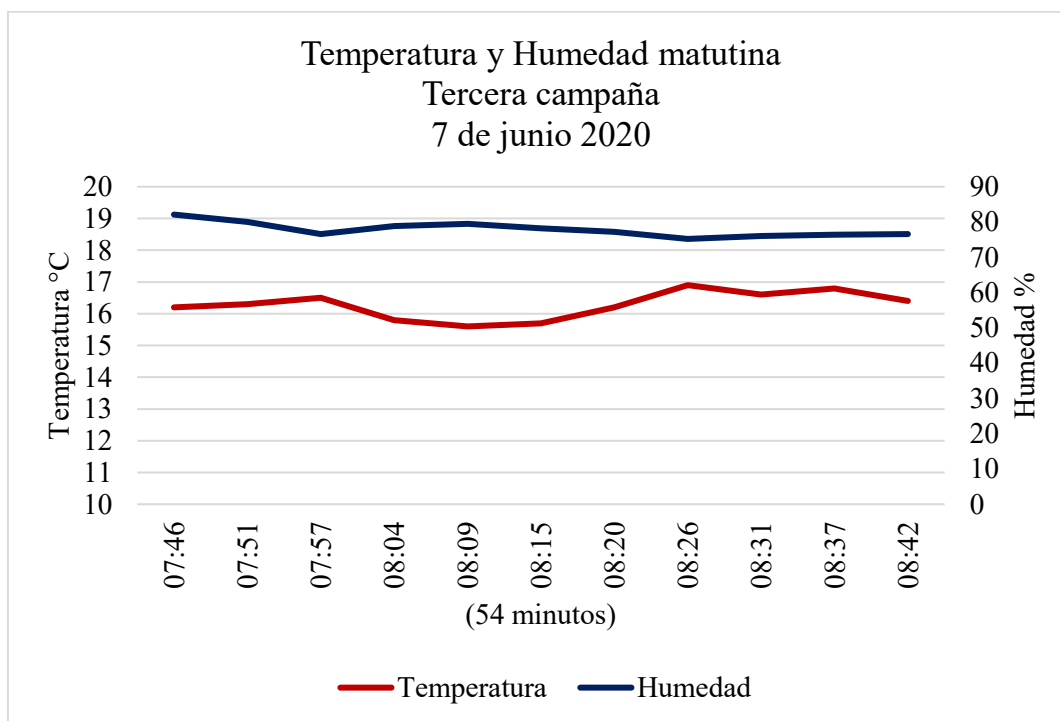


Figura 23. Gráfica Temperatura y humedad matutina (tercera campaña).

En la tercera campaña vespertina, el día 7 de junio del 2020, en un periodo de 54 minutos, se registró una variación en la temperatura (Figura 24) de entre 27.1°C hasta los 32°C, encontrando una diferencia de 4.9°C de temperatura; con un porcentaje de humedad (Figura 24) de entre 33.5% hasta 44.9% y una diferencia de 11.4% de humedad.

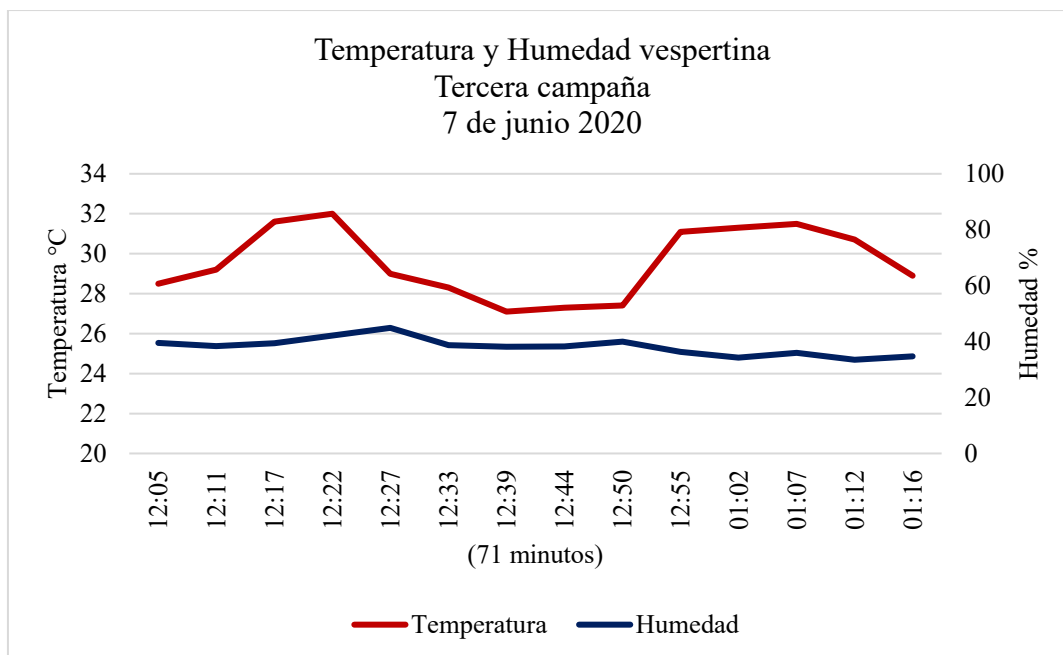


Figura 24. Gráfica Temperatura y humedad vespertina (tercera campaña).

Para la campaña matutina, la estación climática más cercana Desviación Alta al Pedregal (Anexo III), registró para el día 7 de junio de 2020, una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 22°C, lo cual nos indica que la temperatura mínima dentro y fuera del sitio de estudio tuvo una diferencia de 5.6°C. Respecto temperaturas máximas se encontró que la diferencia fue de 5.1°C, considerando que por las mañanas las temperaturas suelen ser menores, pero en este caso registró una diferencia considerable.

En la campaña vespertina del día 7 de junio del 2020, la temperatura mínima registrada en la estación Desviación Alta al Pedregal (Anexo III) fue de 10°C y la temperatura máxima de 22°C., lo que indicó que la temperatura mínima en el sitio y en la estación climática tuvo una diferencia de 17.1°C. En las temperaturas máximas se registró una diferencia de

temperatura de 10°C, considerando que la mayor diferencia ocurre por la mañana ya que las temperaturas descienden.

Con respecto a la altitud (Figura 25), la temperatura matutina en esta campaña se registró elevada en el inicio del transecto por la cercanía a la entrada principal que se ubica próxima a la calle, la temperatura descendió cerca de los 2,240 m para aumentar nuevamente, en los 2,300 m, manteniéndose constante durante el resto del transecto.

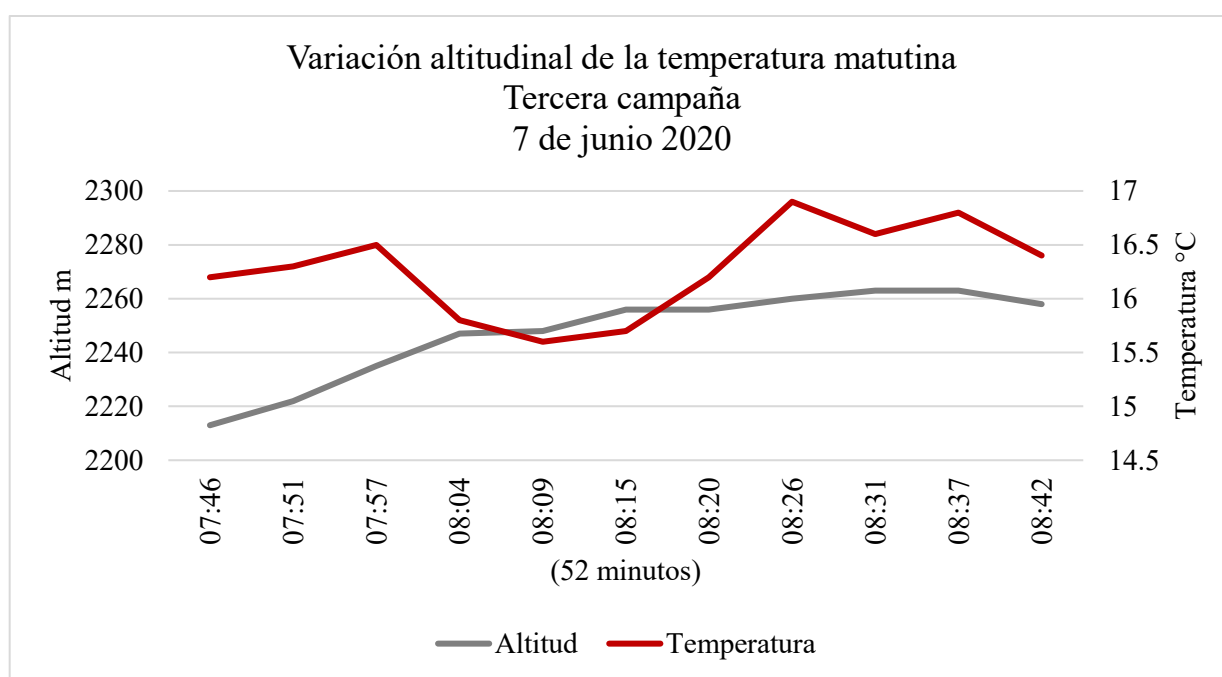


Figura 25. Gráfica de variación altitudinal de la temperatura matutina (tercera campaña).

Con respecto a la altitud (Figura 26), la temperatura vespertina en esta campaña se registró elevada en el inicio del transecto por la cercanía a la entrada principal que se ubica próxima a la calle. La temperatura llegó a su máximo en los 2,286 m para descender hasta los 27.1°C para aumentar nuevamente en los 2,227 m y finalmente descender ligeramente al final del transecto.

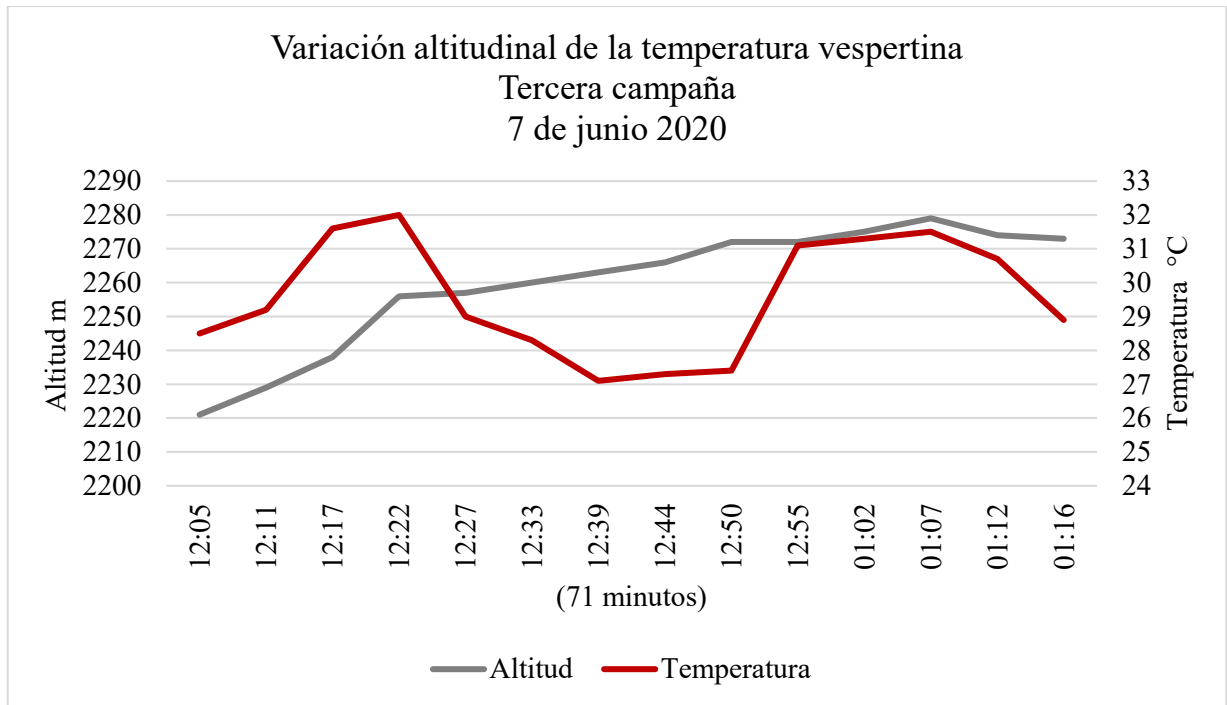


Figura 26. Gráfica de la variación altitudinal de la temperatura matutina (tercera campaña).

### 3.5 Cuarta campaña

En la cuarta campaña matutina, el día 15 de septiembre de 2020, en un periodo de 66 minutos, se registró una variación en la temperatura (Figura 27) de entre 14.8°C hasta los 16.9°C, encontrando una diferencia de 2.1°C. El porcentaje de humedad (Figura 25) fue de entre 63.1% hasta 81.8% con una diferencia de 18.7%.



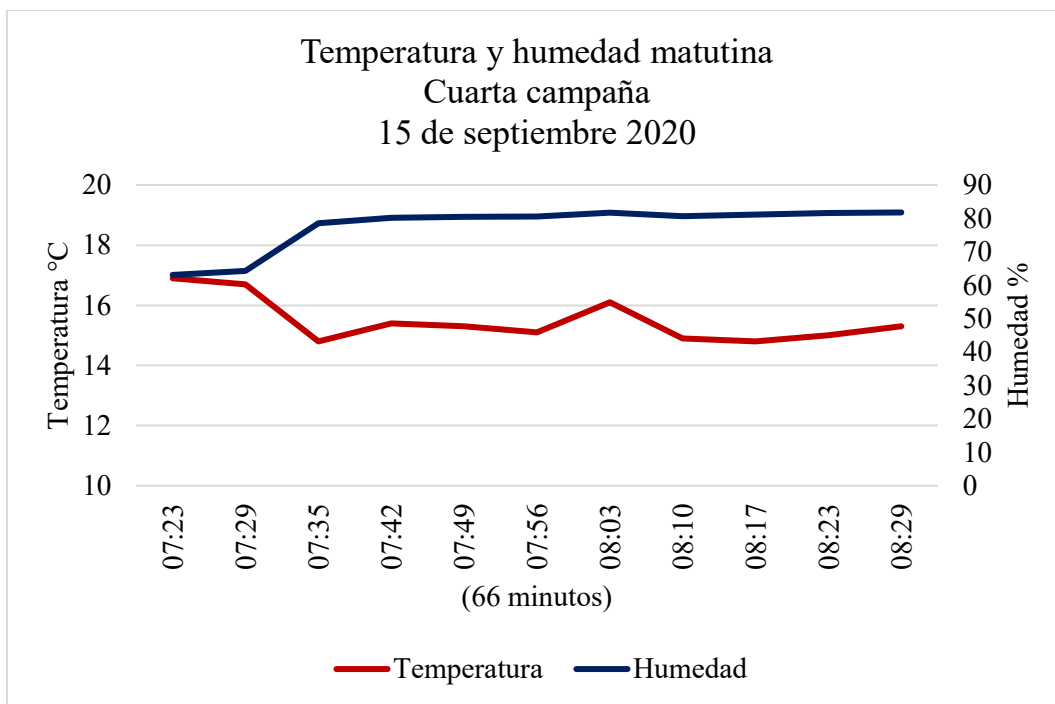


Figura 27. Gráfica Temperatura y humedad matutina de la cuarta campaña.

Para esta campaña matutina, la estación climática más cercana Desviación Alta al Pedregal (Anexo III), registró para el 15 de septiembre de 2020, una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 21°C, lo cual indicó que la temperatura mínima dentro y fuera del sitio de estudio tuvo una diferencia de 4.8°C. En las temperaturas máximas se encontró que la diferencia fue de 4.1°C, considerando que, por las mañanas las temperaturas suelen ser menores, pero en este caso se registró una diferencia considerable.

Con respecto a la altitud (Figura 28), la temperatura matutina en esta campaña se registró elevada: 16.9°C, en el inicio del transecto, por la cercanía a la entrada principal. La temperatura descendió hasta los 14.8 °C, manteniéndose relativamente estable hasta llegar a los casi 2,260 m, para después descender a los 14.8°C cerca de los 2,260 m y aumentar ligeramente al final del transecto a los 15.1°C.

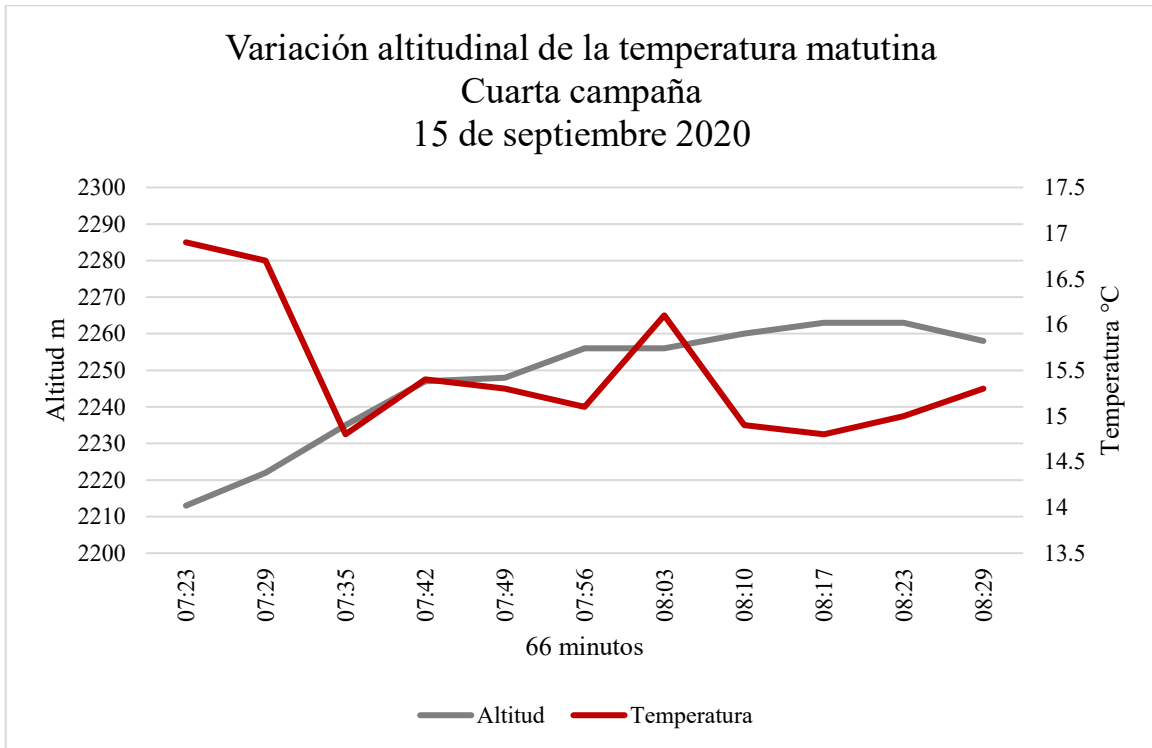


Figura 28. Gráfica variación altitudinal de la temperatura matutina (cuarta campaña).

### 3.6 Quinta campaña

En la quinta campaña matutina, el día 14 de mayo de 2021, en un periodo de 73 minutos, se registró una variación en la temperatura de entre 13.9°C hasta los 15.9°C con una diferencia de 2°C (Figura 29) El porcentaje de humedad fue de entre 76.5% hasta 86.8% con una diferencia de 10.3% de humedad.

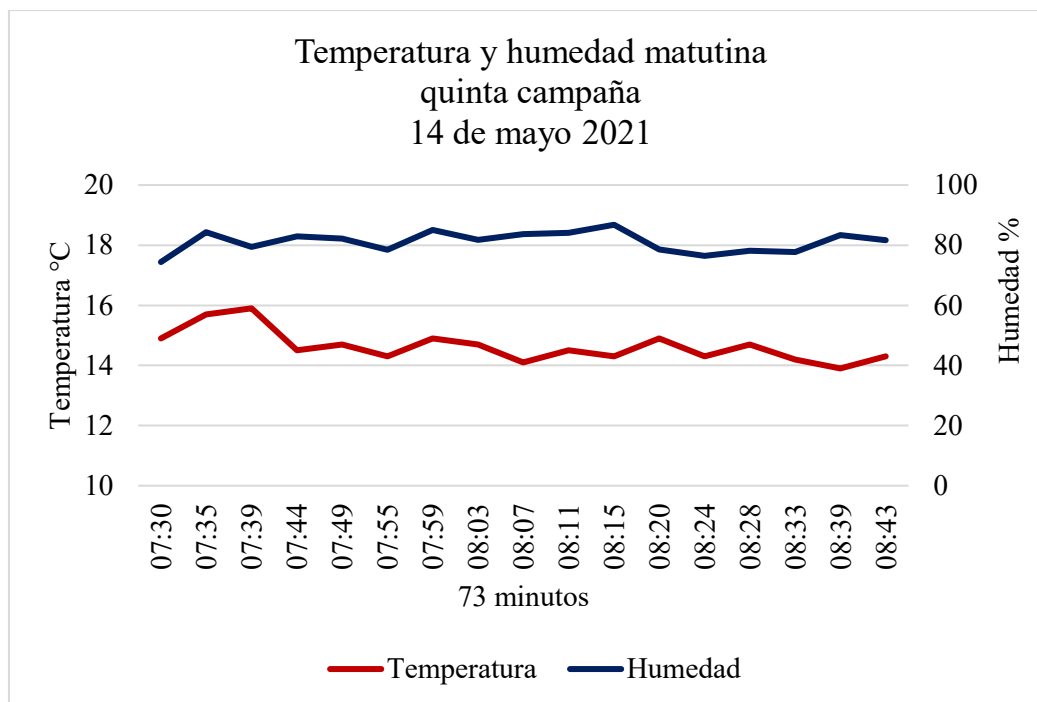


Figura 29. Gráfica Temperatura y humedad matutina (quinta campaña).

En la quinta campaña vespertina, el día 14 de mayo de 2021 en un periodo de 52 minutos, se registró una variación en la temperatura (Figura 30) de entre 17.9°C hasta los 20.8°C, encontrando una diferencia de 2.9°C. El porcentaje de humedad fue de entre 55.1% hasta 59.9% y una diferencia de 4.8% (Figura 30).

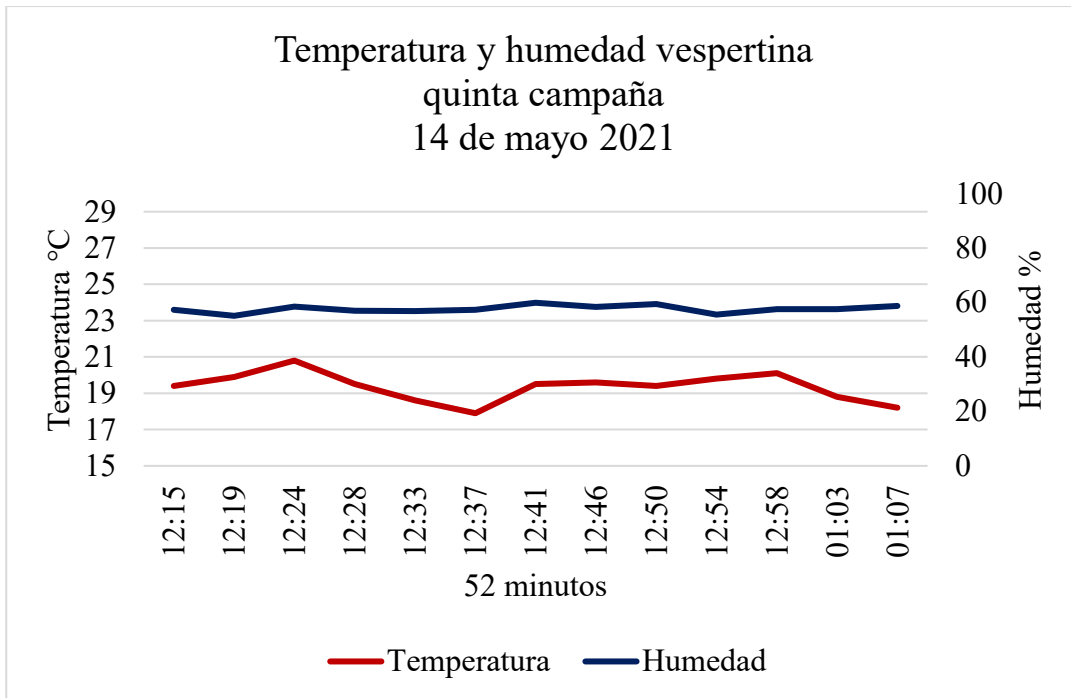


Figura 30. Gráfica de temperatura y humedad (quinta campaña).

Con respecto a la altitud la temperatura matutina en esta campaña fue de 15.9°C, en el inicio del transecto en los 2207 m, por la cercanía a la entrada principal. La temperatura descendió hasta los 14.1°C a mitad del transecto en los 2236 m, manteniéndose relativamente estable hasta llegar a los 14°C en los 2243 m al final del mismo (Figura 31).

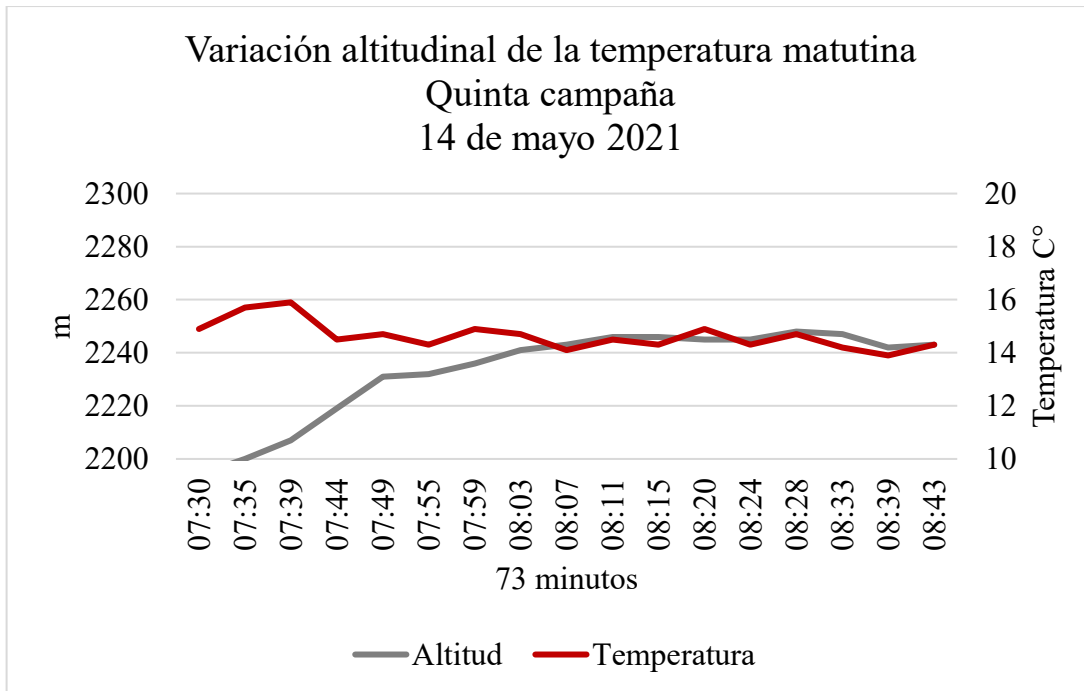


Figura 31. Variación altitudinal de la temperatura matutina (Quinta campaña).

Con respecto a la altitud (Figura 32), la temperatura vespertina en esta campaña se registró en los 19.4 °C, en el inicio del transecto a 2198 m, por la cercanía a la entrada principal, la temperatura descendió hasta los 17.9°C a mitad del transecto en los 2228 m manteniéndose relativamente estable hasta llegar a los 18.2°C en los 2240 m al final del transecto.

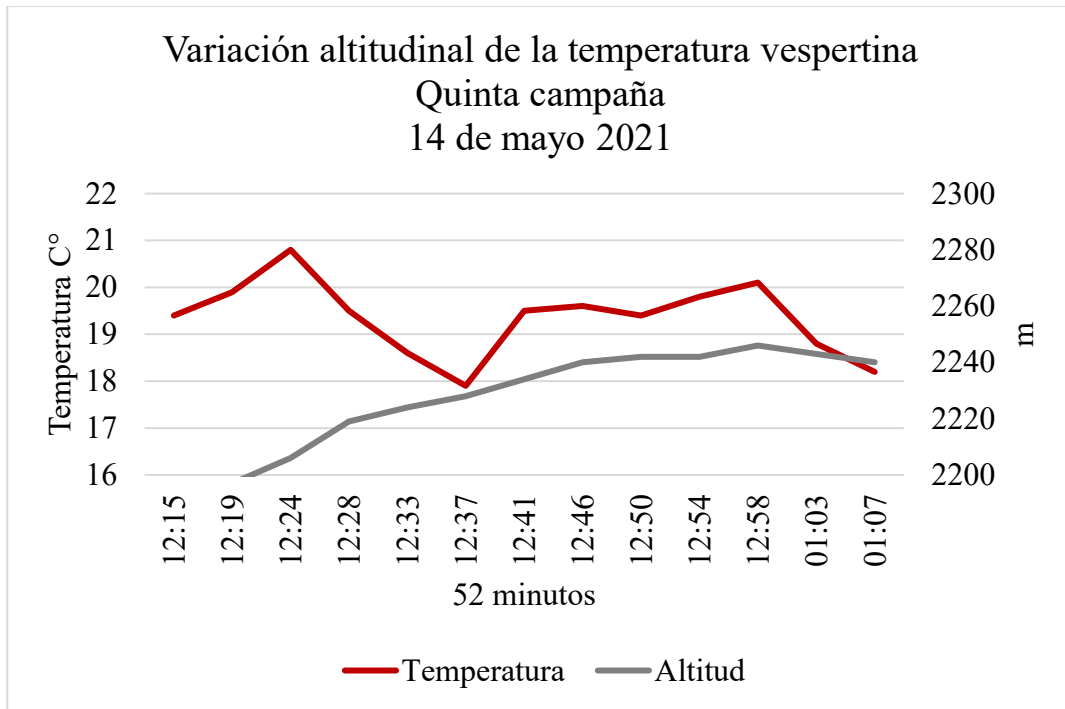


Figura 32. Variación altitudinal de la temperatura vespertina (Quinta campaña).

### 3.7 Calendarios fenológicos anuales de cada especie

#### 3.7.1 *Buddleia parviflora*- Tepozán

Las fases fenológicas que presentó *Buddleia parviflora* durante el tiempo de observación fueron las siguientes: el desarrollo de la hoja (Figura 33) se manifestó entre los meses de junio y agosto de 2020. La estación más cercana, Desviación Alta al Pedregal para ese periodo de 2019, registró temperaturas mínimas entre los 9.1°C y 9.3°C, temperaturas máximas ente 23.3°C y 24.1°C y temperaturas extremas de 7°C y 29°C (ver anexo III), con precipitación total mensual entre los 30.1mm y 67.7 mm y una precipitación acumulada de 146.7 mm (anexo IV).

La misma estación climatológica para el día del recorrido (7 de junio 2020) registró temperatura mínima de 7.0°C y máxima de 24.0°C (Anexo V). Durante las observaciones de campo el día 7 de junio de 2019 las temperaturas registradas en el punto de observación en la mañana fueron de 15.8°C y 79% de humedad relativa y, por la tarde, una temperatura de 32.0°C y 42% de humedad relativa.



Figura 33. Desarrollo de hojas, *Buddleia parviflora*. Foto de la autora.

La formación de brotes se manifestó durante los meses de junio hasta finales de noviembre de 2020 (Figura 34), la estación más cercana, Desviación Alta al Pedregal para ese periodo de 2020, registró temperaturas mínimas de 5°C y 7°C, temperaturas máximas de 25°C y 29°C, además, de temperaturas extremas de 5°C y 29°C (Anexo III) y una precipitación acumulada de 192 mm (Anexo IV).

La misma estación climatológica registró el 7 de junio del 2020, una temperatura mínima de 10°C y una temperatura máxima de 22°C. El 15 de septiembre de 2020 la temperatura mínima fue de 10°C y máxima de 21°C (Anexo III). Durante las observaciones de campo de los días 7 de junio del 2020 y 15 de septiembre del 2020 las temperaturas registradas en el punto de observación, por la mañana fueron de 16.5°C y una humedad relativa de 77% y, por la tarde, una temperatura de 31.6 °C de temperatura y 39% de humedad relativa.



Figura 34. Formación de brotes. *Buddleia parviflora*. Foto de la autora.

La emergencia de inflorescencia se observó durante el final del mes de noviembre de 2019 hasta principios de enero de 2020 (Figura 35). La estación Desviación Alta al Pedregal, para ese periodo registró temperaturas mínimas de 7.2°C, máximas de 24.6°C y temperaturas extremas de 7°C y 28°C (Anexo III) con una precipitación acumulada de 6mm (Anexo IV).





Figura 35. Emergencia de la inflorescencia. Buddleia parviflora. Foto de la autora.

La floración sucedió durante los meses de junio a noviembre de 2020 (Figura 36). Para ese periodo del 2020 la estación Desviación Alta al Pedregal registró temperaturas mínimas entre 5°C y 7°C y temperaturas máximas entre 25°C y 29°C también temperaturas extremas 5°C y 29°C (Anexo III) con una precipitación acumulada de 192 mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día del recorrido 15 de septiembre de 2020 registró una temperatura mínima de 10°C y máxima de 21°C (Anexo III). Durante las observaciones de campo el día 15 de septiembre de 2020 las temperaturas registradas en el punto de observación por la mañana fueron de 14.8°C y humedad relativa de 78%.



Figura 36. Floración. *Buddleia parviflora*. Foto de la autora.

Por último, la senescencia pudo observarse a partir de los meses de noviembre de 2019 a marzo de 2020 (Figura 37), la estación Desviación Alta al Pedregal, para ese periodo registró temperaturas mínimas de 1.5°C y 8°C, temperaturas máximas de 26°C y 28°C y temperaturas extremas de 1.5°C y 28°C (Anexo III) una precipitación acumulada de 10 mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día del recorrido 28 de febrero de 2020 registró temperatura mínima de 10°C y temperatura máxima de 26°C (Anexo III). Durante las observaciones de campo el 28 de febrero de 2020 la temperatura registrada en el punto de observación por la mañana fue de 10.5 °C y humedad relativa de 65% y por la tarde la temperatura fue de 24.5 °C y humedad relativa de 35%.



Figura 37. Senescencia, *Buddleia parviflora*. Fotos de la autora.

### Calendario fenológico de la especie *Buddleia parviflora* (Tepozán)

Fases fenológicas	13 de noviembre de 2019	30 de noviembre de 2019	14 de diciembre de 2019	29 de diciembre de 2019	11 de enero de 2020	25 de enero de 2020	8 de febrero de 2020	22 de febrero de 2020	8 de marzo de 2020	Sin datos	3 de junio de 2020	21 de junio de 2020	5 de julio de 2020	19 de julio de 2020	1 de agosto de 2020	14 de agosto de 2020	27 de agosto de 2020	10 de septiembre de 2020	27 de septiembre de 2020	10 de octubre de 2020	27 de octubre de 2020	13 de noviembre de 2020	29 de noviembre de 2020	10 de diciembre de 2020	22 de diciembre de 2020	12 de marzo de 2021	3 de abril de 2021	27 de abril de 2021	14 de mayo de 2021	29 de mayo de 2021		
DH												x		x	x	x																
FB											x		x							x	x	x	x									
EI	x	x	x	x																												
FL										x							x	x			x	x										
SE	x					x	x	x																	x	x	x	x	x	x	x	x

- DH Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
- FB Formación de brotes laterales/macollamiento (ahijamiento)
- EI Emergencia de inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
- FL Floración (tallo principal)
- SE Senescencia, comienzo de la dormancia

Figura 38. Calendario fenológico de la especie *Buddleia parviflora*- Tepozán.

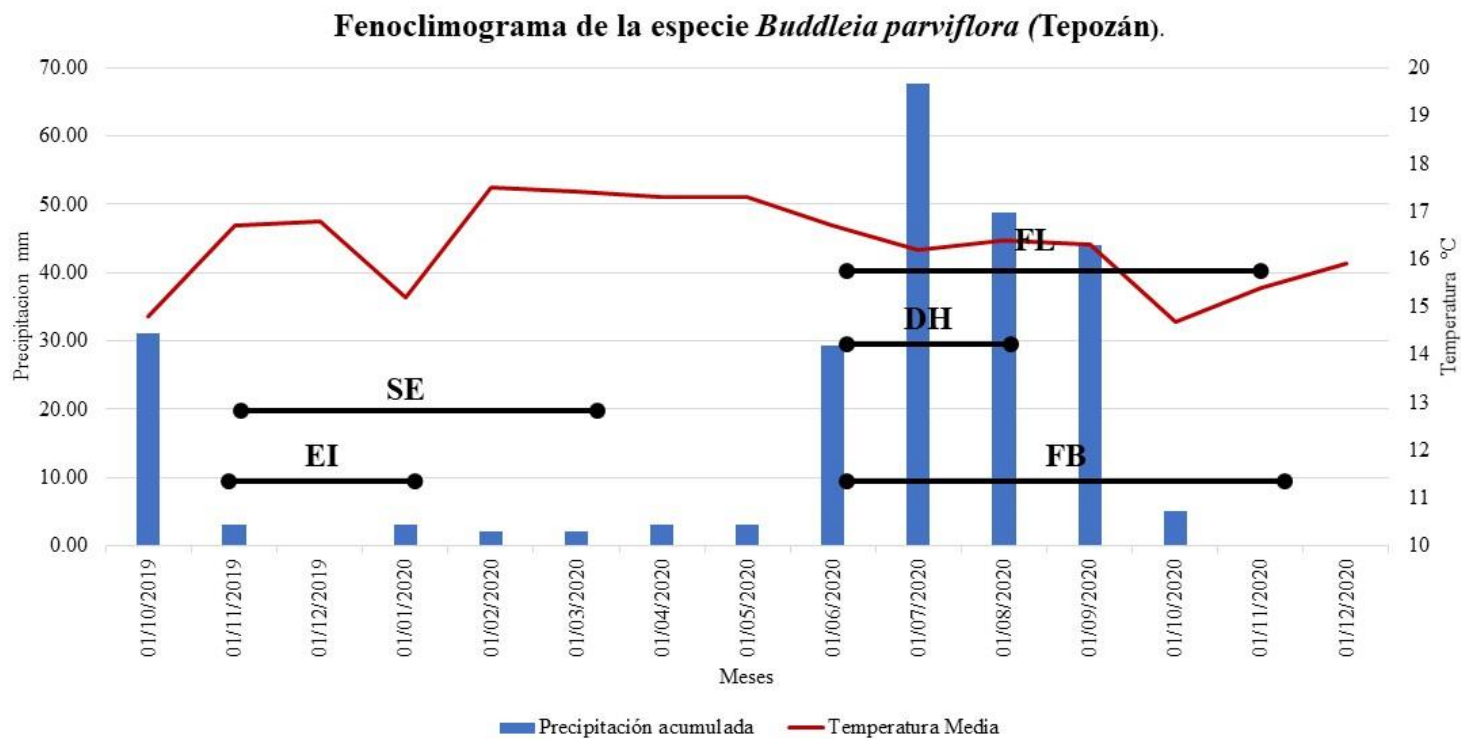


Figura 39 Fenoclimograma de la especie *Buddleia parviflora*- Tepozán.

Fuente: Temperatura y precipitación, Estación climática Desviación Alto Pedregal (SMN).

### **3.7.2 *Calliandra grandiflora* -Cabello de Ángel**

Las fases fenológicas que presentó la especie *Calliandra grandiflora* (Cabello de Ángel) durante el tiempo de observación fueron las siguientes: el desarrollo de las hojas se manifestó durante los meses diciembre de 2019, junio de 2020 y octubre de 2020 (Figura 40). La estación Desviación Alta al Pedregal, para esos periodos registró temperaturas mínimas de 1.5°C y 8°C y máximas de 29°C a 26°C y temperaturas extremas de 5°C y 29°C (Anexo III) con y una precipitación acumulada de 42.3mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día de recorrido, 7 de junio 2020, registró temperatura mínima de 10°C y máxima de 22°C (Anexo III). Durante las observaciones de campo el 7 de junio de 2020, la temperatura registrada en el punto de observación por la mañana fue de 16.2°C y una humedad relativa de 77%, y por la tarde la temperatura fue de 27.1°C y una humedad relativa de 38%.



Figura 40. *Calliandra grandiflora*, Desarrollo de hojas. Foto de la autora.

Por otra parte, la formación de brotes se observó durante el mes de junio de 2020 (Figura 41). La estación Desviación Alta al Pedregal para ese periodo registro temperaturas mínimas de 7°C a 12°C y máximas de 18°C a 29°C y temperaturas extremas de 7°C y 29°C (Anexo III) con una precipitación acumulada de 28.3 mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día del recorrido, 7 de junio de 2020, registró una temperatura mínima de 10°C y máxima de 22°C (Anexo III). Durante las observaciones de campo de ese día la temperatura registrada en el punto de observación por la mañana fue de 16.2 °C, una humedad relativa de 77% y por la tarde la temperatura fue de 27.1°C y la humedad relativa de 38%.



Figura 41. *Calliandra grandiflora*, formación de brotes. Foto de la autora.

La floración sucedió durante los meses de junio a agosto del 2020 (Figura 42). La estación Desviación Alta al Pedregal para ese periodo registro temperaturas mínimas de 7°C, máximas de 25°C y 29°C y temperaturas extremas de 7°C y 29°C (Anexo III) con una precipitación acumulada de 146.65 mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día del recorrido 15 de septiembre del 2020 registro una temperatura mínima de 10°C y máxima de 21°C (Anexo III). Durante las observaciones de campo el 15 de septiembre del 2020 la temperatura registrada en el punto de observación por la mañana fue 15.1 °C y una humedad relativa de 81 %





Figura 42. *Calliandra grandiflora*, floración. Foto de la autora.

La maduración de la semilla se observó en los meses de noviembre y diciembre de 2019 y en septiembre, octubre y noviembre de 2020 (Figura 43). La estación Desviación Alta al Pedregal, para el periodo noviembre-diciembre de 2019 registró temperaturas mínimas de 7°C y máximas de 26°C a 28°C; temperaturas extremas de 7°C y 28°C (Anexo III) con una precipitación acumulada de 3.1 mm; y para el periodo de septiembre, octubre y noviembre de 2020 la estación climatológica mencionada registró temperaturas mínimas de 5°C y 7°C, temperaturas máximas de 25°C y 26°C y temperaturas extremas de 5°C y 26°C (Anexo III) y una precipitación acumulada de 49.15 mm (Anexo IV).



Figura 43. *Calliandra grandiflora*, maduración de la semilla. Foto de la autora.

La misma estación climatológica para el día del recorrido 15 de septiembre de 2020 registró una temperatura mínima de 10° y una máxima de 21°C (Anexo III). Durante las observaciones de campo el 15 de septiembre de 2020 la temperatura registrada en el punto de observación por la mañana fue de 15.1°C y una humedad relativa de 80%.

La senescencia ocurrió en los meses de enero, febrero y marzo de 2020 y en noviembre y diciembre de 2020 (Figura 44). La estación Desviación Alta al Pedregal, registró para el periodo enero, febrero y marzo, temperaturas mínimas de 1.5°C y 7°C, máximas de 26°C y 27°C y extremas de 7°C y 27°C (Anexo III). Para el periodo de noviembre y diciembre de 2020 la estación Desviación Alta al Pedregal registró temperaturas mínimas de 5°C y 7°C, además, temperaturas máximas de 24°C y 27°C, también temperaturas extremas de 5°C y

27°C (Anexo III), y sin presencia de precipitación (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día del recorrido 28 de febrero de 2020 registró una temperatura mínima de 10°C y una temperatura máxima de 26°C (Anexo III). Durante la observación en campo el 28 de febrero de 2020 la temperatura registrada en el punto de observación por la mañana fue de 10.7°C y una humedad relativa de 63% y por la tarde la temperatura registrada fue de 23.5°C y la humedad relativa de 35%.



Figura 44. *Calliandra grandiflora*, senescencia. Foto de la autora.

### Calendario Fenológico *Calliandra grandiflora* (Cabello de Ángel)

Eseses fenológicas	
	13 de noviembre de 2019
	30 de noviembre de 2019
	14 de diciembre de 2019
	29 de diciembre de 2019
	11 de enero de 2020
	25 de enero de 2020
	8 de febrero de 2020
	22 de febrero de 2020
	8 de marzo de 2020
	Sin datos
	3 de junio de 2020
	21 de junio de 2020
	5 de julio de 2020
	19 de julio de 2020
	1 de agosto de 2020
	14 de agosto de 2020
	27 de agosto de 2020
	10 de septiembre de 2020
	27 de septiembre de 2020
	10 de octubre de 2020
	27 de octubre de 2020
	13 de noviembre de 2020
	29 de noviembre de 2020
	10 de diciembre de 2020
	22 de diciembre de 2020
	12 de marzo de 2021
	3 de abril de 2021
	27 de abril de 2021
	14 de mayo de 2021
	29 de mayo de 2021
DH	
FB	
FL	
MS	
SE	

- DH Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
- FB Formación de brotes laterales/macollamiento (ahijamiento)
- FL Floración (tallo principal)
- MS Coloración o maduración de frutos y semillas
- SE Senescencia, comienzo de la dormancia

Figura 45. Calendario Fenológico *Calliandra grandiflora* -Cabello de Ángel.

Fenoclimograma *Calliandra grandiflora* (Cabello de Ángel).

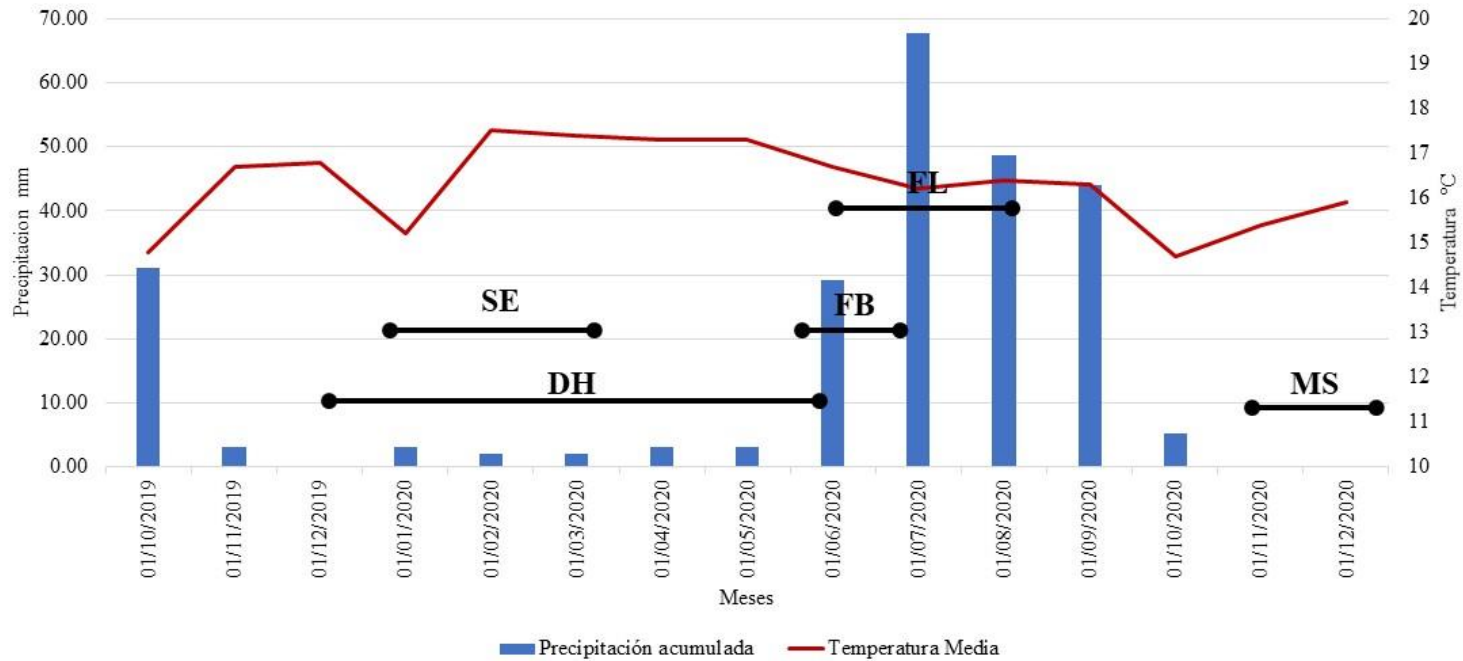


Figura 46. Gráfica Fenoclimograma *Calliandra grandiflora* -Cabello de Ángel.

Fuente: Temperatura y precipitación, Estación climática Desviación Alto Pedregal.

### **3.7.3 *Echeveria gibbiflora* -Oreja de Burro**

Las fases fenológicas que presentó la especie *Echeveria gibbiflora* (Oreja de Burro) durante el tiempo de observación fueron las siguientes: el desarrollo de las hojas se observó durante los meses de junio a octubre de 2020 (Figura 47). La estación Desviación Alta al Pedregal registró para ese periodo temperaturas mínimas de 5°C y 7°C, temperaturas máximas de 25°C y 29°C, además de temperaturas extremas de 5°C y 29°C (Anexo III), con una precipitación acumulada de 195.81mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día del recorrido 15 de septiembre de 2020 registró una temperatura mínima de 10°C y una temperatura máxima de 21°C (Anexo III). Durante la observación en campo el 15 de septiembre de 2020 la temperatura registrada en el punto de observación por la mañana fue de 16.1°C y una humedad relativa de 81%.



Figura 47. *Echeveria gibbiflora* en desarrollo de hojas. Foto de la autora.

Por otra parte, la formación de brotes ocurrió en el mes de enero de 2020 (Figura 48). La estación Desviación Alta al Pedregal registró para ese mes temperaturas mínimas de 1.5°C y 10°C, temperaturas máximas de 23°C a 26°C y temperaturas extremas de 1.5°C y 23°C (Anexo III), con precipitación acumulada de 3.096 mm (Anexo IV).



Figura 48. *Echeveria gibbiflora* en formación de brotes. Foto de la autora.

El crecimiento del tallo se observó del mes de febrero a octubre de 2020 (Figura 49). La estación Desviación Alta al Pedregal registró para ese periodo temperaturas mínimas de 5°C y 8°C y temperaturas máximas de 25°C y 29°C, además de temperaturas extremas de 5°C y 29°C (Anexo III), con una precipitación acumulada de 205.23mm (Anexo IV). La misma estación climatológica registró para tres de los recorridos los siguientes datos: para el 28 de febrero de 2020 registró una temperatura mínima de 10°C y máxima de 26°C; para el 7 de junio de 2020 se registró una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 22°C y, por último, para el 15 de septiembre entre 10°C y 21°C. Durante la observación en campo el día 28 de febrero de 2020 se registró una temperatura por la mañana de 11.7°C y una humedad relativa de 60% y por la tarde una temperatura de 22.6°C y una humedad relativa de 35%. El



día 7 de junio de 2020 se registró una temperatura matutina de 16.9°C y humedad relativa de 75.2% y por la tarde una temperatura de 27°C y una humedad relativa de 38%. Para el 15 de septiembre de 2020 por la mañana la temperatura fue de 16.1°C y la humedad relativa de 82%.



Figura 49. *Echeveria gibbiflora* en crecimiento de tallo. Foto de la autora.

La emergencia de la inflorescencia sucedió durante el periodo que comprende agosto y septiembre de 2020 (Figura 50). La estación Desviación Alta al Pedregal registró para ese periodo temperaturas mínimas de 7°C y máximas de 26°C, además de temperaturas extremas de 7°C y 26°C (Anexo III) con precipitación acumulada de 92.75 mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día del recorrido 15 de septiembre de 2020 registró una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 21°C (Anexo III). Durante la observación en

campo por la mañana el día 15 de septiembre se registró una temperatura de 16.1°C y una humedad relativa de 82%.



Figura 50. *Echeveria gibbiflora* en emergencia de la inflorescencia. Foto de la autora.

La floración se dio en los meses de septiembre y octubre de 2020 (Figura 51). La estación Desviación Alta al Pedregal registró, para ese periodo, temperaturas mínimas de 5°C y 7°C, temperaturas máximas de 26°C y temperaturas extremas de 5°C y 26°C (Anexo III), con una precipitación acumulada de 49.15mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día del recorrido 15 de septiembre de 2020 registró una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 21°C (Anexo III). Durante la observación de campo el 15 de septiembre de 2020 la temperatura en campo registrada por la mañana fue de 16.1°C y una humedad relativa de 82%.



Figura 51. *Echeveria gibbiflora* en floración. Foto de la autora.

Por último, la senescencia se observó a partir de los meses de diciembre de 2019 a marzo de 2020 y de noviembre a diciembre de 2020 (Figura 52). La estación Desviación Alta al Pedregal registró para el periodo diciembre 2019 a marzo 2020, temperaturas mínimas de 1.5°C a 7°C, máximas de 26°C y 28°C y temperaturas extremas de 1.5°C y 28°C (Anexo III), con una precipitación acumulada de 7.23mm (Anexo IV) y para el periodo noviembre-diciembre de 2020 registró temperaturas mínimas de 5°C y 10°C, máximas de 25°C y 15°C y extremas de 5°C y 25°C (Anexo III), sin precipitación acumulada (Anexo IV). La misma estación climatológica para el periodo diciembre de 2019 a marzo de 2020 (del recorrido 28 de febrero de 2020) registró una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 26°C (Anexo III). Durante la observación de campo del 28 de febrero de 2020, la temperatura en campo

registrada por la mañana fue de 11.7°C y una humedad relativa de 60% y por la tarde una temperatura de 22.6°C y una humedad relativa de 35%.



Figura 52. *Echeveria gibbiflora* en senescencia. Foto de la autora.

### Calendario fenológico de la especie *Echeveria gibbiflora* (Oreja de Burro).

Fases fenológicas	
	13 de noviembre de 2019
	30 de noviembre de 2019
	14 de diciembre de 2019
	29 de diciembre de 2019
	11 de enero de 2020
	25 de enero de 2020
	8 de febrero de 2020
	22 de febrero de 2020
	8 de marzo de 2020
	Sin datos
	3 de junio de 2020
	21 de junio de 2020
	5 de julio de 2020
	19 de julio de 2020
	1 de agosto de 2020
	14 de agosto de 2020
	27 de agosto de 2020
	10 de septiembre de 2020
	27 de septiembre de 2020
	10 de octubre de 2020
	27 de octubre de 2020
	13 de noviembre de 2020
	29 de noviembre de 2020
	10 de diciembre de 2020
	22 de diciembre de 2020
	12 de marzo de 2021
	3 de abril de 2021
	27 de abril de 2021
	14 de mayo de 2021
	29 de mayo de 2021
DH	
FB	
CT	
EI	
FL	
SE	

- DH** Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
- FB** Formación de brotes laterales/macollamiento (ahijamiento)
- CT** Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/encañado (tallo principal)
- EI** Emergencia de inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
- FL** Floración (tallo principal)
- SE** Senescencia, comienzo de la dormancia

Figura 53. Calendario fenológico de la especie *Echeveria gibbiflora* -Oreja de Burro.

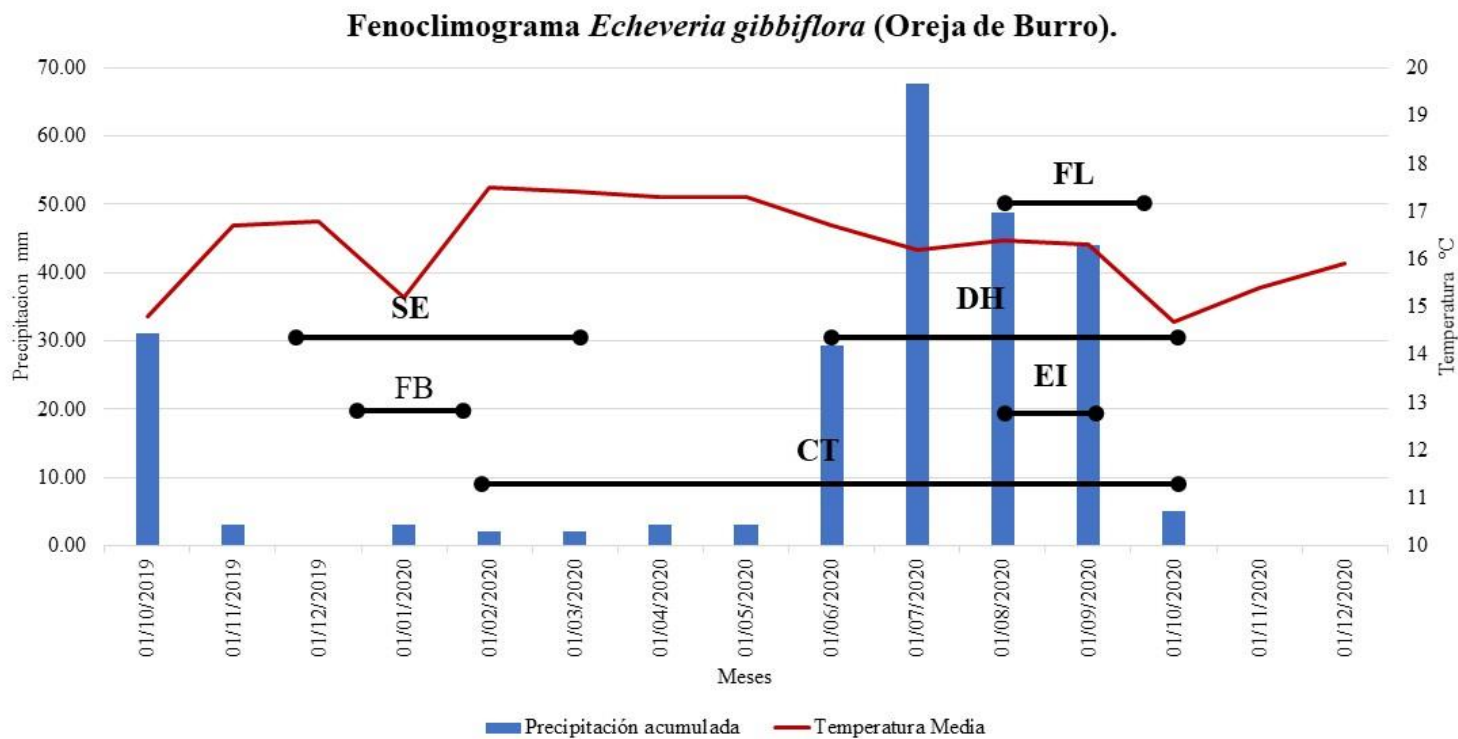


Figura 54. Fenoclimograma *Echeveria gibbiflora* -Oreja de Burro.

Fuente: Temperatura y precipitación, Estación climática Desviación Alto Pedregal.

#### **3.7.4 *Senecio praecox*- Palo loco**

Las fases fenológicas que presentó la especie *Senecio praecox* (Palo loco), durante el tiempo de observación fueron las siguientes: el desarrollo de las hojas se manifestó entre los meses de marzo a octubre de 2020 (Figura 55). La estación Desviación Alta al Pedregal para ese periodo registró temperaturas mínimas de 5°C y 7°C, máximas de 25°C y 29°C y extremas de 5°C y 29°C (Anexo III). Con precipitación acumulada de 203.16mm. La misma estación climatológica para el recorrido del 7 de junio de 2020 registró una temperatura mínima de 10°C, y una máxima de 22°C. El 15 de septiembre de 2020 la misma estación registró una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 21°C. Durante la observación en campo para el recorrido del 7 de junio de 2020 se registró una temperatura de 16.8°C y humedad relativa de 76.4% y para el recorrido del 15 de septiembre de 2020 se registró una temperatura de 14.8°C y una humedad relativa de 81.2% (Anexo III).



Figura 55. *Senecio praecox* en desarrollo de hojas. Foto de la autora.

Por otra parte, la formación de brotes ocurrió durante los meses de febrero y marzo de 2020 (Figura 56). La estación más cercana Desviación Alta al Pedregal para ese periodo registró temperaturas mínimas de 7°C y 11°C, máximas de 27° y 22°C y temperaturas extremas de 7° y 27° (Anexo III). Con precipitación acumulada de 4.13mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para este periodo del recorrido del 28 de febrero de 2020 registró una temperatura mínima de 10° y una máxima 26° (Anexo III). Durante la observación de campo del 28 de febrero de 2020 la temperatura en campo registrada por la mañana fue de 11.8°C con una humedad relativa de 56% y por la tarde una temperatura de 23.3°C y una humedad relativa de 34%.



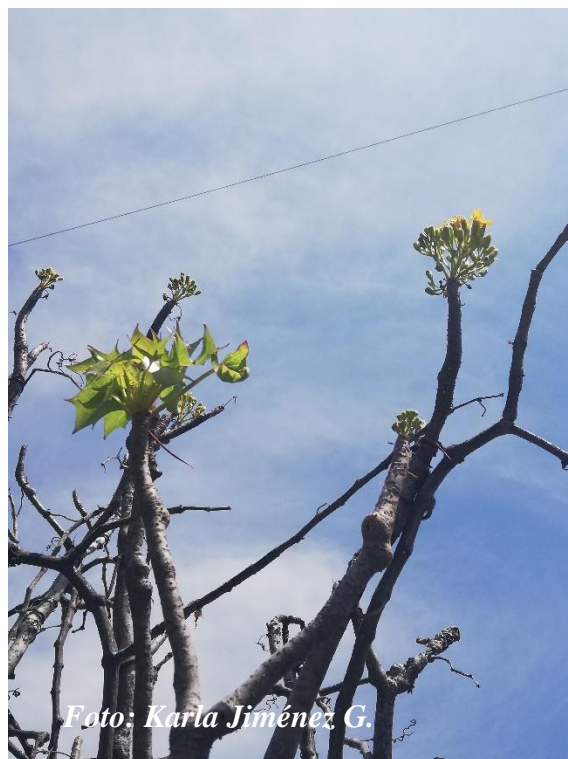


Figura 56. *Senecio praecox* en formación de brotes. Foto de la autora.

El crecimiento del tallo se observó desde el mes de junio hasta septiembre de 2020 (Figura 57). La estación más cercana Desviación Alta al Pedregal para ese periodo registró temperaturas mínimas de 7°C y 12°C, máximas de 26°C y 29°C y temperaturas extremas de 7°C y 29°C (Anexo III). Con precipitación acumulada de 189.71mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el día 7 de junio de 2020, registró una temperatura mínima de 10°C y una máxima de 22°C y el 15 de septiembre de 2020 registró una temperatura mínima de 10°C y una temperatura máxima de 21°C. Durante la observación en campo el día 7 de junio de 2020 la temperatura en campo registrada por la mañana fue de 16.8°C y una humedad relativa de 76.4% y por la tarde una temperatura de 30.1°C y una humedad relativa

de 36% y para el día 15 de septiembre la temperatura en campo registrada por la mañana fue de 14.8°C y una humedad relativa de 81%.

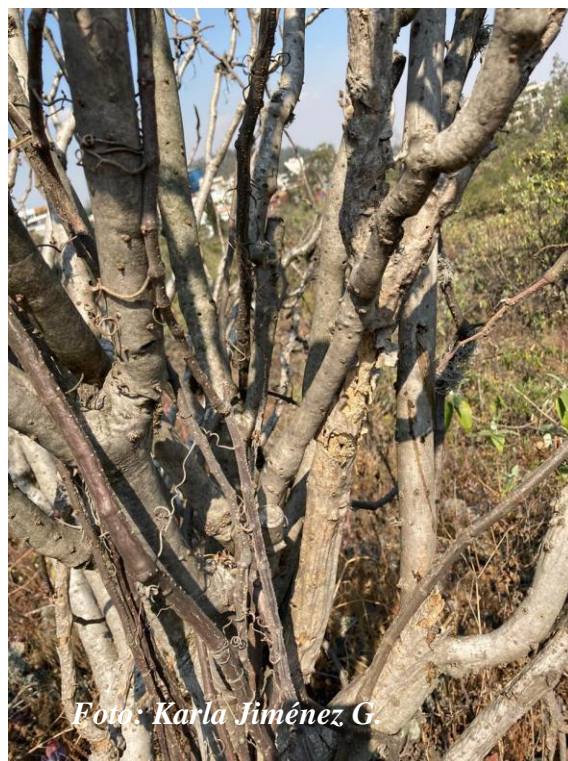


Figura 57. *Senecio praecox* en crecimiento de tallos. Foto de la autora.

La floración sucedió durante el mes de junio de 2020 (Figura 58). La estación Desviación Alta al Pedregal para ese periodo registró temperaturas mínimas de 7°C y 12°C, máximas de 18°C y 29°C, además de temperaturas extremas de 7°C y 29°C (Anexo III). Con precipitación acumulada de 29.4 mm (Anexo IV). La misma estación climatológica para el 7 de junio de 2020 registró una temperatura mínima de 10°C y una temperatura máxima de 22°C. Durante la observación en campo el día 7 de junio de 2020 la temperatura en campo registrada por la mañana fue de 16.8°C y una humedad relativa de 76% y por la tarde la temperatura fue de 31.1°C y una humedad relativa de 36%.



Figura 58. *Senecio praecox* en floración. Foto de la autora.

Por último, la senescencia se observó en los meses de noviembre y diciembre de 2019 y 2020, respectivamente (Figura 59). La estación más cercana Desviación Alta al Pedregal para el periodo 2019, registró temperaturas mínimas de 7°C y 11°C, máximas de 28°C y 20°C y temperaturas extremas de 7°C y 28°C, con precipitación acumulada de 3.1mm (Anexo IV); y para el periodo 2020 se registraron temperaturas mínimas de 5°C y 10°C y máximas de 25°C y 18°C, además de temperaturas extremas de 5°C y 25°C (Anexo III) sin precipitación (Anexo IV).



Figura 59. *Senecio praecox* en senescencia. Foto de la autora.

### Calendario fenológico de la especie *Senecio praecox* (Palo loco).

Fases fenológicas	13 de noviembre de 2019	30 de noviembre de 2019	14 de diciembre de 2019	29 de diciembre de 2019	11 de enero de 2020	25 de enero de 2020	8 de febrero de 2020	22 de febrero de 2020	8 de marzo de 2020	Sin datos	3 de junio de 2020	21 de junio de 2020	5 de julio de 2020	19 de julio de 2020	1 de agosto de 2020	14 de agosto de 2020	27 de agosto de 2020	10 de septiembre de 2020	27 de septiembre de 2020	10 de octubre de 2020	27 de octubre de 2020	13 de noviembre de 2020	29 de noviembre de 2020	10 de diciembre de 2020	22 de diciembre de 2020	12 de marzo de 2021	3 de abril de 2021	27 de abril de 2021	14 de mayo de 2021	29 de mayo de 2021			
DH																																	
FB						x	x																										
CT																																	
FL	x																																
SE	x	x	x	x																													

- DH Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
- FB Formación de brotes laterales/macollamiento (ahijamiento)
- CT Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/encañado (tallo principal)
- FL Floración (tallo principal)
- SE Senescencia, comienzo de la dormancia

Figura 60. Calendario fenológico de la especie *Senecio praecox*- Palo loco.

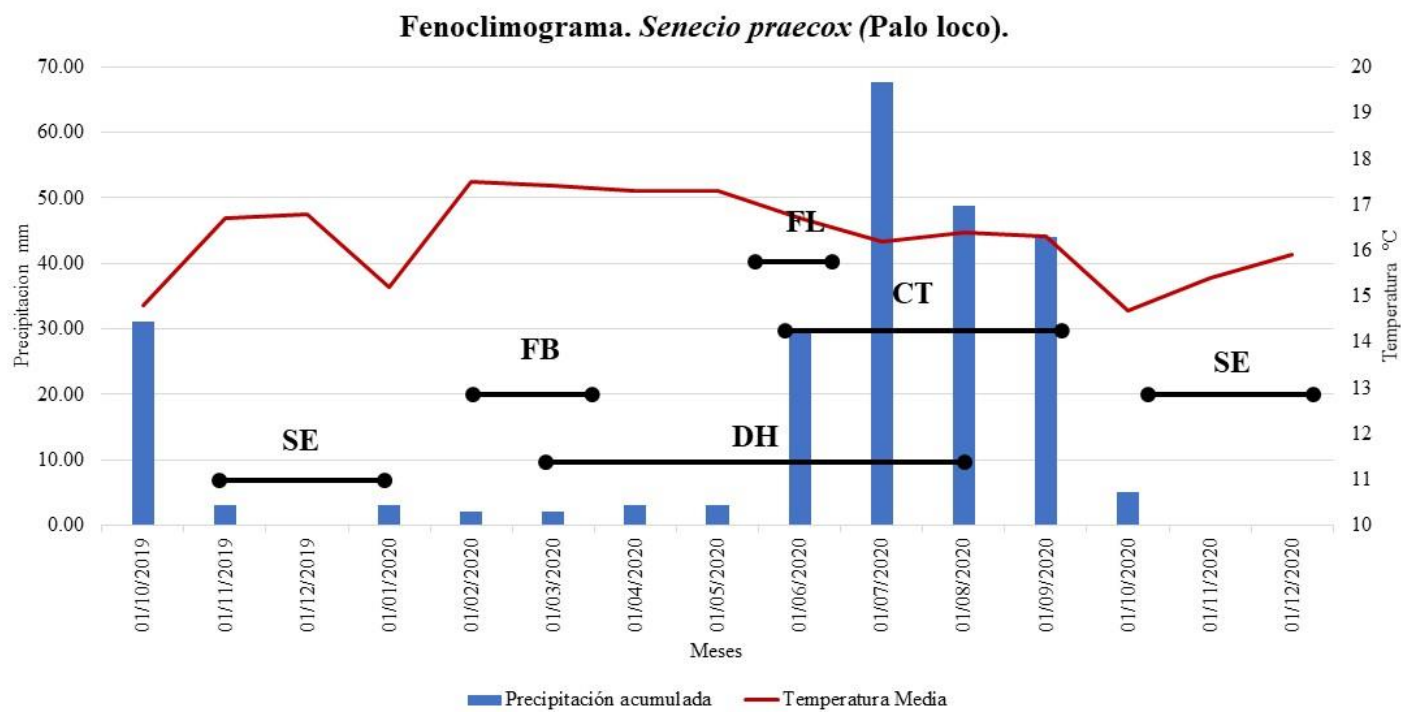


Figura 61. Fenoclimograma. *Senecio praecox*- Palo loco.

Fuente: Temperatura y precipitación, Estación climática Desviación Alto Pedregal.

## Discusión

El monitoreo fenológico permitió determinar cuál fue la estacionalidad de los procesos vegetativos y reproductivos de las especies *Buddleia parviflora*, *Calliandra grandiflora*, *Echeveria gibbiflora* y *Senecio praecox*, y su relación con la variación estacional del microclima del sitio.

Mediante el análisis de los datos climáticos de temperatura, humedad y precipitación de los datos registrados en el sitio y los de la estación Desviación Alto Pedregal, se constató que la temperatura del sitio y la de la estación varían en la temporada de lluvias (junio a octubre). La temperatura mínima y máxima registrada en la Estación Desviación Alta al Pedregal para los días específicos de las campañas fue de 9°C y 22°C respectivamente. En contraste, los datos recabados dentro del Bosque de Tlalpan los cuales registraron una temperatura mínima de 14.8°C y una máxima de 31.5°C, con una diferencia en las temperaturas mínimas de 5.8°C y una diferencia en las temperaturas máximas de 9.5°C con respecto a la estación climática.

En la temporada seca (de noviembre a mayo) la temperatura mínima registrada en la estación Desviación Alto Pedregal fue de 10°C y la temperatura máxima de 21°C, en contraste con los datos recabados en campo, la temperatura mínima registrada fue de 10.2°C y la temperatura máxima de 20.8°C.

Los datos recabados en el Bosque de Tlalpan coinciden con los registros fenológicos de la comunidad de bosque xerófilo de la reserva del Pedregal de Ciudad Universitaria reportados por Meave *et al.* (1994) en la cual se menciona que la floración de la comunidad

se presenta en la época de lluvias. En el caso de las especies que fueron monitoreadas para esta investigación y durante un año de observaciones fenológicas, se confirmó este patrón en tres de las cuatro especies, *Buddleia parviflora*, *Calliandra grandiflora*, *Echeveria gibbiflora*, con excepción de *Senecio praecox* la cual floreció en época de secas.

La floración de la especie *Buddleia parviflora* se presentó en la época de lluvias en los meses de septiembre y octubre, donde las temperaturas mínimas en promedio fueron de 8.8°C y las temperaturas máximas en un promedio de 22.3°C. La especie *Calliandra grandiflora* floreció en la época de lluvias en los meses de junio, julio y agosto donde las temperaturas mínimas promedio fueron de 9.2°C y las temperaturas máximas promedio fueron de 23.7°C. La especie *Echeveria gibbiflora* floreció también en la época lluviosa en los meses de septiembre y octubre, donde la temperatura mínima promedio fue de 8.8°C y la temperatura máxima promedio fue de 22.3°C. La única especie monitoreadas que floreció en temporada de secas fue *Senecio praecox* que floreció en los meses de marzo y abril con un promedio de temperaturas mínimas de 9.3°C y una temperatura máxima promedio de 25.2°C.

La evidencia de los datos recabados en campo y los registrados por la estación Desviación Alto Pedregal, nos señalan que el Bosque de Tlalpan si bien funciona como una isla fresca de la Ciudad de México, en ocasiones presentó temperaturas mayores que las de sus alrededores urbanos (estación Desviación Alto Pedregal). Estos datos correspondieron a parajes del bosque xerófilo dentro del Bosque de Tlalpan con alta insolación y poca presencia de follaje de la vegetación. Aunque los datos termométricos que se obtuvieron no fueron continuos, representan una valiosa contribución al conocimiento del microclima del sitio.



Se resalta también que las discrepancias en la temperatura del bosque y la estación Alto Pedregal ocurrieron en la temporada de lluvias de 5.9C° de diferencia, entre los dos puntos. Con respecto a las temperaturas mínimas, y 8.7°C de diferencia en las temperaturas máximas. En la temporada de secas las diferencias fueron de 1.2C° entre los dos puntos con respecto a las temperaturas mínimas y 1.6°C con respecto a las temperaturas máximas.

La precipitación acumulada en la época de lluvias fue de 225.93mm y en la época de secas de 16.56mm, esta información nos revela que la cantidad de precipitación juega un papel fundamental de la fase fenológica de floración de las especies *Buddleia parviflora*, *Calliandra grandiflora*, *Echeveria gibbiflora*, caso diferente, con la especie *Senecio praecox* la cual no requiere de los mismos parámetros de precipitación para desarrollar su floración.

Entre las fortalezas que se destacan en esta tesis se encuentra la base de datos que se logró obtener en campo y que, hasta la publicación de este documento, no existían. Se distingue entre las oportunidades de esta tesis que en un principio se planeó un monitoreo continuo el cual no sucedió dadas las circunstancias de la pandemia que nos aqueja, sin embargo, se concluyó con el monitoreo para todo el periodo anual.

En muchas investigaciones que abordan el tema de la fenología de especies vegetales se integra el cálculo o el análisis de horas frío y unidades calor, variables que no pudieron ser integradas a esta tesis ya que la cantidad de datos climáticos obtenidos en el sitio específico de estudio no permitió alimentar las bases de datos requeridas para el cálculo de estos indicadores, otra de las variables que hubiese sido ideal considerar fue la tasa de

extensión foliar, la cual debe ser medida diariamente y la temperatura base, la cual es un índice que aún no se ha calculado para las especies de esta tesis, los cuales nos hubieran permitido lograr un nivel de análisis más preciso y enriquecer la investigación. Sin embargo, para obtener dicha información es necesario contar con datos continuos en el sitio mediante una estación climatológica.

En el desarrollo de esta tesis se resalta la noción de que el Bosque de Tlalpan siendo un Área Natural Protegida adolece de fuentes de información básicas para promover investigaciones de índole geográfica o para la toma de decisiones informadas a fin de resolver problemáticas propias del área. Por ejemplo, no se tiene un acervo cartográfico adecuado y preciso, y también no se cuenta con una estación climatológica que registre datos de temperatura, humedad y precipitación.

Existen aún muchas aristas que nos permiten seguir nutriendo el tema de la fenología que en esta tesis se aborda, es importante permitir investigaciones que logren resolver las temáticas que aquí se puntualizan, como por ejemplo la observación de más especies representativas del bosque o especies invasoras que habitan en este, solo por mencionar algunos ejemplos, Es urgente que las autoridades tomen cartas en el asunto para que el Bosque de Tlalpan logre ser un “laboratorio” que permita generar conocimiento a la Ciudad de México y a su vez abrir las puertas a los investigadores y estudiantes que se encuentren interesados.

Es evidente que el Bosque de Tlalpan dada su importancia climática y ecológica requiere de un manejo especial como sucede con el caso de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel la cual se encuentra muy cercana al sitio. A pesar de que ambos

comparten características, climáticas, de flora y fauna, sus objetivos particulares son muy distintos, es por ello que el manejo no puede ser el mismo, pero si puede tomarse como ejemplo la gestión de la REPSA para mejorar, preservar y mantener en óptimas condiciones la riqueza ecológica que en el bosque alberga, por ejemplo, la adopción de parajes con características típicas del matorral xerófilo como las que en esta tesis se abordaron.

En el bosque existen diversas asociaciones civiles interesadas en el rescate y mantenimiento del mismo, con el poder adquisitivo de afrontar este reto. Se sugiere la adopción de senderos delimitados por personas expertas en geografía, que representen la vegetación nativa, donde se den recorridos guiados con actividades que fomenten la protección de estos ecosistemas, lo cual puede ser de gran ayuda a la gestión y cuidado del bosque, y con esto evitar que los usuarios al desconocer su importancia perjudiquen el ecosistema nativo.

## Conclusiones

La relación que guarda la microclimatología del Bosque de Tlalpan y la periodicidad fenológica de las especies *Buddleia parviflora*, *Calliandra grandiflora*, *Echeveria gibbiflora* y *Senecio praecox* que se observaron en la presente investigación, nos arrojan que sus ciclos fenológicos se encuentran ligados a las temporadas de lluvias y secas respectivamente, no se observaron diferencias significativas o algún desajuste en las fases por causa de las variaciones de las temperaturas registradas tanto en la estación Desviación Alto Pedregal como los datos recabados en sitio.

Lo que sí es posible aseverar es que cada una de las especies monitoreadas aunque convergen en un mismo ecosistema y en condiciones poco perturbadas, cuentan cada una con un particular ciclo fenológico y que aunque en algunos casos coinciden al mismo tiempo en algunas fases fenológicas e inclusive en condiciones de temperatura y precipitación, cada una cuenta con una dinámica individual.

El monitoreo fenológico es una herramienta fundamental para conocer la dinámica de las especies en el Bosque de Tlalpan, ya que la Ciudad de México ha crecido exponencialmente en la últimas décadas y es un riesgo latente que los ecosistemas nativos como el matorral xerófilo puedan desaparecer, es por esto que es importante continuar con las observaciones periódicas y elaborar los registros sistemáticos pertinentes para contribuir con el acervo científico, y así permitir un adecuado manejo de las especies y su conservación.

El Bosque de Tlalpan constituye un sitio con una importancia geográfica, biológica e histórica muy valioso, al ser uno de los pocos sitios que guardan vestigios del ecosistema nativo del Pedregal, que, aunque es relativamente joven en el orden geológico, se ha ido deteriorando y perdiendo por completo en su mayoría, es por esto que su conocimiento y preservación son fundamentales.

## Referencias

- Alberti, M. (2008). *Advances in urban ecology*. Springer-Verlag. New York, NY.USA.
- Altamirano F. (1895). *Informe sobre Algunas Excursiones a las Montañas del Ajusco y Serranía de Las Cruces*. Secretaría de Fomento, México, D.F.
- Alvarado Vazquez, M. A. (2003). *Análisis Fenológico y algunos aspectos reproductivos del matorral Xerófilo del Noreste de México*. San Nicolás de los Garza Nuevo León: UANL.
- Alvarado, M., Foroughbakhch, R., Jurado, E., y Rocha, A. (octubre- diciembre 2002). *El cambio climático y la fenología de las plantas*. Ciencia UANL vol. V. No.4, 493-500.
- Alvarez, S., Carabias Lillo, J., Meave del Castillo, J., Moreno Casasola, P., Nava Fernandez, D., Rodriguez Zahar, F.,Valiente Banuet, A. (1982). *Proyecto para la creación de una Reserva en el Pedregal de San Ángel*. Ciudad de México: UNAM.
- Anaya Corona, M. (2001). *Los parques urbanos y su panorama en la zona metropolitana de Guadalajara*. Vinculación y ciencia.
- Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Hess, M., Klose, R., & Weber, E. (1996). *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono-y dicotiledóneas cultivadas: escala BBCH extendida*. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (BBA). Limburgerhof, Germany.
- Cano, Z. (2006). *Ecología, conservación y restauración y manejo de las Áreas Naturales Protegidas del Pedregal del Xitle*. En K. Omayá, y A. Castillo, Manejo, conservación y restauración de Recursos Naturales en México (pp. 203-226). Siglo XXI editores.
- Carles, C., Marin, M., Vide, J. M., Moreno, M. D., & Sabi, J. (1990). *Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la Isla de calor en Barcelona*. Documentos de Análisis Geográfica, 51-77.
- Carrillo Trueba, C. (1995). *El Pedregal de San Ángel*. México D.F.: Coordinación de la Investigación Científica.
- Castillo-Argüero, S., Montes-Cartas, G., Romero-Romero, M. A., Martínez-Orea, Y., Guadarrama-Chávez, P., Sánchez-Gallén, I., y Núñez-Castillo, O. (2004). *Dinámica y*

*conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel* (DF, México). Botanical Sciences.

Castillo Arguero, S., Martínez Orea, Y., Nava Lopez, M., & Leñero Almeida, L. (2016). *El matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y sus servicios ecosistémicos*. En C. SEDEMA, La biodiversidad de la Ciudad de México Volumen III (págs. 50-69). Ciudad de México.

Castillo-Argüero, S., Montes-Cartas, G., Romero-Romero, M. A., Martínez-Orea, Y., Guadarrama-Chávez, P., Sánchez-Gallén, I., & Núñez-Castillo, O. (2004). *Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel* (DF, México). Botanical Sciences, (74), 51-75.

Chavez Garcia, L. (2016). *Estudio de la diversidad de los macromicetos del "Bosque de Tlalpan" D.F., México*. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Ciudad de México.

CLIMATICO, C. M. (7 de mayo de 1993). CNDH. Obtenido de <http://www.cndh.org.mx/DocTR/2016/JUR/A70/01/JUR-20170331-II30.pdf> (consultado el 3 de octubre 2020).

Dávila S, R., Méndez C. C, M., y Néminga X., A. (2011). "Identificación de las islas de Calor de verano e invierno en la ciudad de Toluca, México". *Revista de Climatología*, 11.

De Cara J. A., G. T. (2014). *Nueva estación fenológica asociada al Observatorio Meteorológico de Guadalajara*.

Diaz Limón, M. P. (2014). *Evaluación de la infestación por Muérdago dentro del Bosque de Tlalpan, Ciudad de México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Enciclovida, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. (19 de mayo, 2021). Recuperado de <https://enciclovida.mx/especies/155128-calliandra-grandiflora>

García Lorca, A. M. (1989). *El parque urbano como espacio multifuncional: origen, evaluación y principales funciones*. Paralelo 37°, 105-111.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Universidad Nacional Autónoma de México.

GODF, Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2011). "Acuerdo por el que se expide el Programa de Manejo del Área Natural Protegida "Bosque de Tlalpan". No.1120.

- Guerti, P., Barnett, L., Denny, E.G., Schaffer, S.N. (2017). USA *National Phenology Network Phenophase Primer for Plants* – Versión en línea: [https://www.usanpn.org/files/npn/reports/USA-NPN-PhenophasePrimer\\_Section1-June2017.pdf](https://www.usanpn.org/files/npn/reports/USA-NPN-PhenophasePrimer_Section1-June2017.pdf) (consultado el 3 de noviembre 2019)
- Hansen, J., Ruedy, R., y Sato, M. (2002). *Global warmin Continues*. *Science* 295/276.
- Hopp, R. J. (1974). *Plant phenology observation networks*. In *Phenology and seasonality modeling* (pp. 25-43). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Hughes, L. (2000). *Biological consequences of global warming: is the signal already apparent*. 56-61.
- Jauregui Ostos, E. (1993). *La isla de calor urbano en la Ciudad de México a finales del siglo XIX*. *Investigaciones Geográficas Núm. 26*, 31-39.
- Jauregui Ostos, E. (1995). *Algunas alteraciones de largo periodo del clima de la Ciudad de México debidas a la urbanización: Revisión y perspectivas*. *Investigaciones Geográficas*, 09-44.
- Jáuregui Ostos, E., Pulido, H., y Eugenia, M. (2008). El clima/ bioclima de un parque urbano periurbano de la Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, 101-112.
- Lacoste, Alain, y Robert Salanon. 1973. *Biogeografía*. Barcelona: Oikos–Tau.
- Red Nacional de Fenología. (24 de abril del 2021) [https://redfenologicamx.com/1\\_2\\_qui-nes-somos.html](https://redfenologicamx.com/1_2_qui-nes-somos.html)
- Lambers, H., Chapin, F., y Pons, T. (2008). *Plant Physiological Ecology*. *Spriger*.
- Lara Deras, R. (2016). *Difusión cultural del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria a través de la Xerojardinería con base en la vegetación nativa*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Lieth, H. (1974). *Phenology and Seasonality Modeling*. Springer- Verlag, USA.
- Lozano García, M. S. (2004). *Evidencia del cambio climático: cambios en el paisaje*. En c. Julia Martínez y Adrián Fernández, *Cambio climático: una visión desde México* (págs. 65-76). México D.F: Instituto Nacional de Ecología.
- Magaña Rueda, V. (2004). *El cambio climático global: comprender el problema*. En J. Martínez, & A. Fernández, *Cambio climático: una visión desde México* (págs. 17-27). México. D. F.: Instituto Nacional de Ecología.



- Magaña Rueda, V., y Gay García, C. (2002). *Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos*. Gaceta Ecológica Num.65, 7-23.
- Meave, J., Carabias, J., Arriaga, V., y Valiente-Banuet, A. (1994). *Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. Reserva ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, 91-105.
- Mendoza Carrillo G. M. (2015) *Centro Cultural Bosque de Tlalpan, Tlalpan Ciudad de México*. Tesis de licenciatura, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- Montoya Pérez L.E. (2016) *Estudio demográfico de arbutus xalapensis, kunth (ericaceae) en el bosque de Tlalpan, D.F, México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Palacio Prieto, J., y Guilbaud, M. (2015). *Patrimonio Natural de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria del Pedregal de San Ángel y áreas cercanas: sitios de interés geológico y geomorfológico al sur de la Cuenca de México*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 227-224.
- Palacio, C. A., y Jiménez, J. F. (2012). *Climatología Urbana y de Montañas*. Dyna vol. 79, 61-69.
- RAE. (26 de abril de 2020). Real Academia de la lengua española. Obtenido de <https://dle.rae.es/glauco>
- Ramírez Padilla, B., y Goyes Acosta, R. (2004). *Botánica. Generalidades, Morfología y Anatomía de las plantas superiores*. Universidad del Cauca.
- Reyes González, E (2013). Tesis de Licenciatura. *Aplicación de un modelo de observación fenológica comunitaria para identificar tendencias del clima en el municipio de Zitácuaro, Michoacán*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Reyes González, E. (2016). Tesis de Maestría. *La observación Fenológica comunitaria en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca: Una alternativa de Adaptación ante el Cambio Climático*. Ciudad de México: UNAM.
- Rojo, A., y Rodríguez, J. (2002). *La Flora del Pedregal de San Ángel*. México: Instituto Nacional de Ecología.

- Rzedowski, J. (1994). *Vegetación del Pedregal De San Ángel. Ecología, Historia Natural y Manejo*. Ciudad De México: REPSA, UNAM.
- Rzedowski, J. (1954). *Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal)*. México D.F: Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México D.F.
- Rzedowski, J. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*.
- Salisbury, F., y Ross, F. (2000). *Fisiología de las plantas*. España: Thomson Editores Spain Paraninfo.
- Schwartz, M. D. (2003). *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 564.
- Sierra, S. (mayo, 2021) *Arboretum* <https://arboretum.ufm.edu/plantas/calliandra-grandiflora/>
- Siroka Fernández , D. (2017). “Factores del desarrollo en las ciudades inteligentes”. *Revista Universitaria de Geografía* vol.26 núm 1, 135-152.
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Vol. 10). Universitat Jaume I.
- USA-NPN Education & Engagement. (2017). *Phenophase Primer for plants*.
- Watson, M. (1995). *Sexual differences in Plant developmental Phenology affect plant herbivore interactions*. *Trends in Ecology and evolution* 10, 180-182.
- Williams-Linera, G., y Meave, J. (2002). Patrones fenológicos. *Ecología y conservación de bosques neotropicales, RM Guariguata y GH Kattan (eds.)*. Libro Universitario Regional, San José.
- Yepes, A., y Silveira Buckeridge, M. (julio- diciembre 2011). *Respuesta de las plantas ante los factores ambientales del cambio climatico global*. Colombia Forestal vol.14, núm.2, 213-232.
- UNAM. (2019). Plantas. CDMX, México: Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Recuperado de <http://www.repsa.unam.mx/index.php/objetivos/caracteristicas/biodiversidad/listado-de-especies/listado-especies-repsa-plantas?showall=&limitstart=>
- Valiente-Banuet, A., & de Luna García, E. (1990). *Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel*, México DF. *Acta Botánica Mexicana*.

## Anexos

### Anexo I. Listado de especies de árboles reportadas en REPSA

- 1 *Eysenhardtia polystachya* (palo dulce)  
fanerofita, árbol perenne de distribución restringida
- 2 *Quercus deserticola*  
fanerofita, árbol perenne de distribución restringida
- 3 *Tecoma stans* (roble amarillo)  
fanerofita, árbol perenne de distribución cosmopolita
- 4 *Schinus molle* (pirú, pirul)  
fanerofita, árbol perenne de distribución pantropical, maleza, se considera naturalizada para el Pedregal
- 5 *Bursera cuneata* (copal)  
fanerofita, árbol perenne de distribución restringida
- 6 *Buddleia cordata* (tepozán)  
fanerofita, árbol perenne de distribución Mesoamérica
- 7 *Buddleia parviflora* (mispastle, tepusa)  
fanerofita, árbol perenne de distribución restringida
- 8 *Eucalyptus globulus* (eucalipto gigante, alcanfor)  
fanerofita, árbol perenne de distribución pantropical, especie exótica del Pedregal
- 9 *Eucalyptus globulus* (eucalipto gigante, alcanfor)  
fanerofita, árbol perenne de distribución pantropical, especie exótica del Pedregal
- 10 *Fraxinus uhdei* (fresno)  
fanerofita, árbol perenne de distribución neotropical, especie exótica del Pedregal

## **Anexo II. Listado de especies de arbustos reportadas en REPSA**

- 1 *Ageratina adenophora*  
Sinonimias: *Eupatorium adenophorum*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 2 *Ageratina brevipes*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución mesoamericana
- 3 *Ageratina choricephala*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución mesoamericana
- 4 *Ageratina cylindrica*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 5 *Ageratina deltoidea* (yolochíchtli)  
Sinonimias: *Eupatorium deltoideum*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida, maleza
- 6 *Ageratina mairetiana*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 7 *Ageratina petiolaris* (hierba del ángel, yolochíchtli)  
Sinonimias: *Eupatorium petiolare*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 8 *Ageratina pinchinchensis*  
Sinonimias: *Eupatorium pichinchense*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución mesoamericana, maleza
- 9 *Ageratina rubricaulis*  
Sinonimias: *Eupatorium rubricaulis*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 10 *Ambrosia confertiflora*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución neártica, maleza
- 11 *Archibaccharis serratifolia* (hierba del carbonero)

- camefita, arbusto perenne de distribución mesoamerica, maleza
- 12 *Baccharis heterophylla* (escobilla)  
fanerófito, arbusto perenne de distribución Mesoamérica
- 13 *Baccharis pteronioides* (escobilla)  
fanerófito, arbusto perenne de distribución neártica
- 14 *Baccharis salicifolia* (jara)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución americana, maleza
- 15 *Baccharis sordescens*  
camefita, arbusto perenne de distribución restringida
- 16 *Barkleyanthus salicifolius* (Asomiate amarillo)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución mesoamerica, maleza
- 17 *Brickellia secundiflora* (jara blanca)  
camefita, arbusto perenne de distribución restringida, maleza
- 18 *Brickellia veronicifolia* (gobernadora de Puebla)  
camefita, arbusto perenne de distribución restringida
- 19 *Chromolaena pulchella*  
Sinonimias: *Eupatorium pulchellum*  
hemicriptofita, arbusto perenne de distribución restringida, maleza
- 20 *Critonia hebebotrya*  
Sinonimias: *Eupatorium hebebotryum*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución mesoamerica
- 21 *Montanoa grandiflora* (acahual (Oaxaca))  
fanerofita, arbusto perenne de distribución mesoamerica
- 22 *Montanoa tomentosa* (zoapaxtle)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución mesoamerica, maleza
- 23 *Pittocaulon praecox* (palo loco, candelero)  
Sinonimias: *Senecio praecox*

- fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 24 *Stevia ovata*  
hemicriptofita, arbusto perenne de distribución mesoamericana
- 25 *Stevia salicifolia* (hierba del aire en Hidalgo, zazale de olor)  
camefita, arbusto perenne de distribución restringida
- 26 *Stevia subpubescens*  
camefita, arbusto perenne de distribución restringida
- 27 *Verbesina virgata* (teclacote)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 28 *Viguiera buddleiiformis* (cerote)  
hemicriptofita, arbusto perenne de distribución restringida, maleza
- 29 *Viguiera excelsa* (raíz del manso)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución mesoamericana, maleza
- 30 *Iresine cassiniiformis* (pie de paloma)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 31 *Opuntia lasiacantha* (nopal de pedregal)  
Sinonimias: *Opuntia rzedowskii*  
fanerofita, arbusto suculento perenne de distribución restringida
- 32 *Opuntia robusta* (nopal camueso)  
Sinonimias: *Opuntia larreyi*  
fanerofita, arbusto suculento perenne de distribución restringida
- 33 *Opuntia tomentosa* (nopal chamacuero)  
fanerofita, arbusto suculento perenne de distribución americana
- 34 *Loeselia mexicana* (espinosilla)  
camefita, arbusto perenne de distribución restringida, maleza
- 35 *Senna septentrionalis* (retama del país)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución pantropical

- 36 *Brongniartia intermedia*  
camefita, arbusto perenne de distribución restringida, maleza
- 37 *Calliandra grandiflora* (cabello de ángel)  
camefita, arbusto perenne de distribución mesoamerica
- 38 *Dalea zimapanica* (hierba hedionda)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 39 *Mimosa aculeaticarpa* (uña de gato)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución neartica
- 40 *Asclepias linaria* (algodoncillo, romerillo)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución neartica, maleza
- 41 *Sida rhombifolia* (huinar)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución cosmopolita
- 42 *Sphaeralcea angustifolia* (hierba del negro)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida, maleza
- 43 *Gaudichaudia cynanchoides* (hierba del zorro)  
hemcriptofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 44 *Rubus liebmannii* (zarzamora)  
criptofita, arbusto perenne de distribución pantropical
- 45 *Phoradendron brachystachyum* (liga, muérdago)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 46 *Bursera fagaroides* (cuajote)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 47 *Dodonaea viscosa* (chapulixtle)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución pantropical, maleza
- 48 *Sedum moranense* (chisme)  
camefita, arbusto perenne de distribución restringida, maleza
- 49 *Sedum oxypetalum*

- fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 50 *Sedum quevae*  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 51 *Buddleia sessiliflora* (hierba de tepozán)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución restringida, maleza
- 52 *Wigandia urens* (ortiga de tierra caliente)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución neotropical, maleza
- 53 *Physalis costomatl* (costomate)  
hemisporofita, arbusto perenne de distribución restringida
- 54 *Ricinus communis* (higuerilla, aceite de ricino)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución cosmopolita, maleza, especie exótica del Pedregal
- 55 *Nicotiana glauca* (tabaco, tabaco cimarrón, tabaquillo)  
fanerofita, arbusto perenne de distribución pan tropical, maleza, especie exótica del Pedregal



**Anexo III. Tablas de temperatura de la estación Desviación Alta Pedregal, para los años 2019 y 2020**

Temperaturas mensuales en °C 2019-2020. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Fecha	MIN	PROM	MED	PROM	MAX
ene-19	4	8.8	15.9	22.9	26
feb-19	7	9.1	16.6	24	26
mar-19	8	9.8	17.2	24.5	26
abr-19	8	9.6	17.1	24.5	26
may-19	9	9.7	17.3	24.8	28
jun-19	6	8.7	15.7	22.6	26
jul-19	6	8.5	15.7	22.9	26
ago-19	6	8.7	15.7	22.8	25
sep-19	6	8.7	15.5	22.3	25
oct-19	5	8.2	14.8	21.5	25
nov-19	7	9.4	16.7	24.1	26
dic-19	7	9	16.8	24.6	28
ene-20	1.5	7.2	15.2	23.2	26
feb-20	8	9.4	17.5	25.5	27
mar-20	7	9.4	17.4	25.3	27
abr-20	5	9.2	17.3	25.3	29
may-20	7	9.6	17.3	25	28
jun-20	7	9.3	16.7	24.1	29
jul-20	7	9.1	16.2	23.3	25
ago-20	7	9.3	16.4	23.6	26
sep-20	7	9.4	16.3	23.3	26
oct-20	5	8.1	14.7	21.3	26
nov-20	5	8.7	15.4	22.1	25
dic-20	7	9.1	15.9	22.7	24

**Temperaturas máximas mensuales diarias en C° 2019-2020.**  
**Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.**

Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
oct-19	16	22	15	18	20	20	20	24	25	22	25	25	25	22	23	20	22	23	23	24	18	24	22	20	19	20	22	20	23	22	22
nov-19	22	23	25	25	23	25	22	23	22	24	25	25	23	20	23	25	24	25	23	25	24	25	25	26	24	26	26	25	24	26	
dic-19	24	25	25	26	25	26	22	25	26	22	25	23	26	23	26	25	23	25	22	26	20	25	26	21	25	26	25	26	25	26	28
ene-20	24	26	25	22	21	21	23	25	22	23	25	25	26	25	23	25	23	18	20	20	24	20	22	25	22	25	24	25	24	22	24
feb-20	25	25	26	25	25	26	24	24	25	26	25	26	26	26	26	25	26	26	27	25	26	24	26	27	25	27	25	26	25		
mar-20	27	25	26	25	27	24	25	25	25	25	26	26	26	22	25	24	24	26	25	26	24	26	27	26	25	25	26	26	25	26	25
abr-20	25	26	24	25	24	25	26	26	24	26	29	26	25	25	27	26	26	25	26	26	25	26	24	25	24	26	26	22	24	26	
may-20	23	24	26	25	24	24	23	23	26	25	23	24	26	25	25	24	26	25	26	24	26	26	25	28	26	26	27	25	27	25	24
jun-20	25	26	25	25	26	24	22	22	29	24	22	24	26	26	25	27	25	24	26	24	22	20	20	18	23	25	27	23	22	25	
jul-20	25	24	22	22	23	25	22	20	24	22	23	22	25	24	24	20	22	25	25	24	20	25	24	23	24	22	24	25	23	24	24
ago-20	23	24	22	24	22	23	24	25	25	24	22	24	24	24	23	25	23	24	26	24	22	22	24	23	22	23	24	25	23	25	24
sep-20	25	23	25	23	22	24	25	23	20	24	22	23	26	25	21	23	24	20	23	25	24	25	24	23	23	22	24	25	22	20	
oct-20	18	20	18	19	20	18	26	24	22	20	21	19	18	20	23	21	24	20	20	21	20	23	20	23	23	23	25	22	20	24	25
nov-20	24	22	25	22	20	23	20	23	24	23	23	23	24	22	24	20	15	21	21	18	24	20	22	23	20	23	24	22	23	24	
dic-20	23	24	24	20	23	23	22	22	24	22	23	23	23	22	24	22	23	24	23	22	23	24	22	22	24	24	23	22	23	20	20

**Temperaturas mínimas mensuales diarias en C° 2019-2020.**  
**Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.**

Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
oct-19	7	7	9	5	6	9	8	9	7	9	9	10	10	9	10	9	5	8	10	10	9	7	6	10	7	5	8	10	8	9	9
nov-19	7	8	10	10	10	9	11	7	8	8	9	11	9	9	7	9	10	11	9	7	10	9	10	10	11	10	11	11	10	10	
dic-19	11	8	9	9	10	9	9	8	9	10	10	10	10	9	9	10	9	8	9	8	10	7	9	9	8	9	9	7	9	10	9
ene-20	5	8	10	7	2	1.5	1.5	8	6	8	9	9	9	9	10	8	10	7	3	3	5	8	6	7	10	9	9	8	10	8	10
feb-20	9	8	10	11	9	9	10	9	8	10	9	10	9	11	8	9	9	9	11	10	9	9	10	9	10	10	9	10	10		
mar-20	9	10	9	10	9	9	8	10	10	10	10	9	9	10	8	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	10	9	9	10	9	11
abr-20	8	10	10	8	9	9	9	10	10	9	8	5	10	9	10	10	9	10	8	10	10	9	10	9	9	8	9	11	10	9	
may-20	10	8	10	9	10	9	9	9	8	10	10	8	7	10	9	9	10	9	10	9	8	11	11	10	10	10	11	12	10	11	10
jun-20	9	9	10	10	9	12	10	8	8	10	9	8	9	10	10	10	10	11	9	10	9	9	8	7	8	9	10	11	9	9	
jul-20	10	10	10	9	9	9	10	7	8	9	10	9	10	9	10	9	8	9	10	9	10	8	7	7	9	8	9	10	10	11	9
ago-20	9	11	10	9	10	9	8	9	10	10	10	8	11	10	8	9	10	8	9	10.5	9	10	7	9	8	9	10	9	10	8	10
sep-20	10	9	10	10	9	9	8	10	11	8	11	10	10	10	10	9	8	9	7	9	10	10	10	9	10	10	9	11	9	7	
oct-20	8	7	9	6	7	9	5	6	7	7	8	7	8	6	9	8	9	9	8	8	9	8	10	8	9	10	9	10	10	8	9
nov-20	9	10	8	10	9	7	9	9	10	10	10	8	10	9	10	9	8	5	8	6	7	9	7	9	9	8	10	10	9	10	
dic-20	9	10	9	9	10	10	9	9	8	9	8	10	10	9	7	10	9	9	10	9	10	10	9	10	8	10	10	10	7	8	7

**Anexo IV. Tabla de precipitación de la estación Desviación Alta al Pedregal, para los años 2019 y 2020**

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

**Tabla de precipitación de la estación Desviación Alta al Pedregal, para los años 2019 y 2020**  
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

MES-ANO	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	MEDIA	SUMA	
oct-19	2	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	0	3	2	2	1	0	1	0	0	2	0	1.06	31.06	
nov-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.10	3.10
dic-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	
ene-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.10	3.10	
feb-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	2.07	
mar-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06	2.06		
abr-20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.10	3.10		
may-20	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.13	3.13	
jun-20	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	7.3	5	2	0	0	0	2	1	3	0.94	29.24	
jul-20	0	0	1	1	2	2.3	5.1	3	4	0	0	3	0	0	0	3.5	0	0	0	2	6	4	8.2	3	6.5	4	2	1	0	1	3	2.12	67.72	
ago-20	0	1	2	2	0	3	0	3	3	4	1	0	0	2	4	1	4	2	0	3	1	0	0	1	3	2	2	3.2	0	1	0	1.55	48.75	
sep-20	2.4	0	0	0	2	0	2	1	6.3	0	0	0	0	0	7	9	0	4	2	3.2	1	0	3	0	0	0	0	2	0	0	1.50	44.00		
oct-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	5.16		
nov-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	
dic-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00		

**Anexo V. Temperatura por día de campaña.**

<b>Campaña</b>	<b>Fecha</b>	<b>Temperatura Mínima (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima (°C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
<b>1</b>	30 de octubre 2019	9	22	2
<b>2</b>	28 de febrero 2020	10	26	0
<b>3</b>	7 de junio 2020	10	22	0
<b>4</b>	15 de septiembre 2020	10	21	7

SERVICIO  
METEOROLOGICO  
NACIONAL

NORMALES CLIMATOLOGICAS

ESTADO DE: DISTRITO FEDERAL

PERIODO: 1981-

2010

ESTACION: 00009020 DESVIACION ALTA AL PEDREGAL LATITUD: 19°17'49" N.

LONGITUD: 099°10'56" W. ALTURA: 2,296.0 MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	21.7	22.7	25.3	25.7	25.7	24.3	23	23.2	22.5	22.5	21.9	21.1	23.3
MAXIMA MENSUAL	24	27.5	29.4	30.3	31.6	29.1	26	25.6	25.2	24.9	25.3	23.9	
AÑO DE MAXIMA	2001	2003	1991	1998	1998	1998	2000	2001	2005	2004	2004	2005	
MAXIMA DIARIA	28.5	30.5	33.5	38.5	35.5	36	30.5	30	29	29.5	29	27.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	17/1998	jul-03	may-04	19/2004	14/1998	28/2010	13/1998	14/1989	27/1984	26/2004	ago-00	21/1990	
AÑOS CON DATOS	26	26	28	26	23	28	28	29	29	28	26	15	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	13	14	16.2	17.1	17.7	17.5	16.6	16.8	16.5	15.7	14.2	13.1	15.7
AÑOS CON DATOS	26	26	28	26	23	28	28	29	29	28	26	15	

TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	4.5	5.4	7	8.5	9.8	10.7	10.2	10.3	10.4	8.9	6.5	5.1	8.1
MINIMA MENSUAL	1.4	2.1	3.9	5.1	8.1	9.6	9.2	9.2	8.6	7.2	4.5	3.1	
AÑO DE MINIMA	1987	1987	1989	1989	1989	2004	1986	1982	1988	2010	1988	2003	
MINIMA DIARIA	-4	-1	-2	2.5	4.5	6	6	6	5.5	1	-0.2	-1	
FECHA MINIMA DIARIA	14/1986	jul-87	dic-89	16/1989	ene-89	ene-84	27/1994	sep-07	28/1984	26/1999	may-10	26/1996	
AÑOS CON DATOS	27	26	28	26	23	28	28	29	29	28	26	16	
PRECIPITACION													
NORMAL	8.3	6	11.5	23.6	68.6	175.7	227.4	214.3	198.8	81.8	10.6	3.7	1,030.30
MAXIMA MENSUAL	79.5	35	47	75.1	138.5	388.7	405.5	388	421	161	50.5	23.5	
AÑO DE MAXIMA	2004	2007	1997	1985	2000	1986	1990	1999	1998	2006	1995	1989	
MAXIMA DIARIA	62	22.5	21.5	23.5	46.5	65	64	63.5	94.5	54	27	16	
FECHA MAXIMA DIARIA	sep-04	abr-07	19/1997	21/1993	28/1986	jun-08	25/1984	13/1994	24/2001	jun-05	21/1995	19/1996	
AÑOS CON DATOS	27	27	28	29	24	28	28	29	29	28	28	20	
EVAPORACION TOTAL													
NORMAL	95.3	96.1	125.9	126.1	124.9	122.3	113.4	108.2	96	92.2	86.1	79.8	1,266.30
AÑOS CON DATOS	25	26	27	25	21	28	28	29	29	28	26	15	

NUMERO DE DIAS CON													
LLUVIA	1.2	1.4	2.2	4.8	10.8	15.9	19.9	19.7	17.1	8.6	2.2	0.9	104.7
AÑOS CON DATOS	27	27	28	29	24	28	28	29	29	28	28	20	
NIEBLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0	0.4
AÑOS CON DATOS	26	25	26	26	24	25	25	26	26	25	25	23	
GRANIZO	0.1	0	0.1	0.2	0.1	0.3	0.4	0.5	0	0.1	0	0	1.8
AÑOS CON DATOS	26	25	26	26	24	25	25	26	26	25	25	23	
TORMENTA E.	0	0	0	0	0.4	2.4	2	2	2	0.8	0.3	0.2	10.1
AÑOS CON DATOS	26	25	26	26	24	25	25	26	26	25	25	23	

**Anexo VI. Normales Climatológicas de la estación del SMN, Desviación alta al Pedregal (9020)**