



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y ETNOBOTÁNICA DE NOPAL
(*Opuntia spp*) EN EL MUNICIPIO DE OCOTEPEC PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

DIANA LETICIA REYES MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS

M.C RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

CODIRECTOR DE TESIS

DR. LUIS ANTONIO DOMÍNGUEZ PERALES

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2023.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y ETNOBOTÁNICA DE NOPAL
(*Opuntia spp*) EN EL MUNICIPIO DE OCOTEPEC PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

DIANA LETICIA REYES MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS

M.C RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

CODIRECTOR DE TESIS

DR. LUIS ANTONIO DOMÍNGUEZ PERALES

ASESORES

MC. GUILLERMO JESUITA PERÉZ MARROQUÍN

DR. RAÚL BERDEJA ARBEU

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2023.

La presente tesis titulada Diversidad morfológica y etnobotánica del nopal (*Opuntia spp*) en el municipio de Ocotepc Puebla y realizada por Diana Leticia Reyes Martínez ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

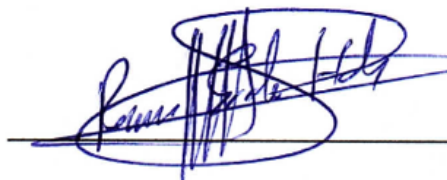
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

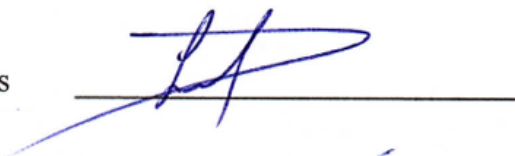
Consejo Particular integrado por:

Firma

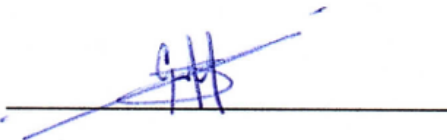
Director: M.C. Ramiro Escobar Hernández



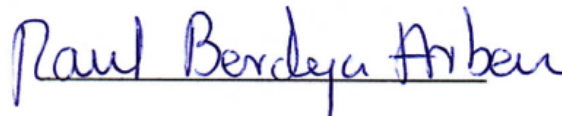
Codirector: Dr. Luis Antonio Domínguez Perales



Asesor: M.C. Guillermo Jesuita Pérez Marroquín



Asesor: Dr. Raúl Berdeja Arbeu



Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2023.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **“BUAP-CA-123-Manejo de Recursos Filogenéticos”**. De la Línea de Investigación: **Manejo y Conservación de Recursos Fitogenéticos**. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIA

A mi tío Guadalupe Manuel Martínez Marín que es mi segundo padre y a mi hermano Alfredo Castro los dos hombres de mi vida que me han enseñado a solucionar y a superar los obstáculos, dos ejemplos de superación y dos pilares inquebrantables ante la adversidad, dos hombres que nunca se dieron por vencidos y ante cualquier circunstancia jamás se cruzó por sus mentes quedarse a medio camino. A mi madre Esperanza Leticia Martínez Marín que es mi amiga y mi compañera, a quien admiro por sobresalir de todas las adversidades y siempre mantenerse de pie, eso me demuestra que nada es imposible.

A mi cuñada, mi cuñis ☺ Ana Carolina Mansur Martínez por ser mi amiga por sus consejos, su comprensión y por darme ánimos para seguir con mi tesis.

A mi papá Eliseo Reyes Ordaz y mi abuelita Reyna Marín Reyes, aunque sus pasos ya no están en esta tierra, dejaron huellas de amor en mi corazón y sus pasos me dejaron una gran enseñanza, jamás darse por vencido, les cumpla la promesa de recibir mi título, y sé que están orgullosos de mi por haber cumplido una meta más en mi vida.

A Crispín que ha sido un amigo para la familia le agradezco mucho su tiempo y por estar siempre demostrando su apoyo incondicional.

A la maestra Lucia que me enseñó a perder el miedo a los números y demostrarme a mí misma que los límites se los pone uno mismo.

A la Maestra Gisela Morgado le agradezco su tiempo y su comprensión.

A Jacob agradezco tu amistad desde la primaria eres mi mejor amigo y agradezco a la vida por poner un amigo desde la niñez.

A mis amigos Jesús, Fernanda, Remedios, Ale “La Nely”, Alan, Taba, Frida, Liz y Lore por los buenos momentos que vivimos en la prepa, donde nunca faltaron las risas. Y a mis amigos Ulises H. y Erika Itzel por vivir buenos momentos inolvidables desde la secundaria.
☺

A mis amigos Félix, Cecy, Betz, Chely, Gaby, Pedrito, Enrique, y Beto “Chikorita” por darnos palabras de aliento para seguir adelante y los buenos momentos en la universidad.

A los habitantes de Ocotepéc les agradezco por su disponibilidad y su tiempo que me brindaron, para esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Puebla en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias al M.C Ramiro Escobar Hernández, al Dr. Luis Antonio Perales Domínguez a mis asesores, al M.C. Guillermo Jesuita Pérez Marroquín, y al D.R Raúl Berdeja Arbeu, por la orientación para llevar a cabo esta investigación y alentarme a obtener mi título.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1. Origen y distribución geográfica.....	5
4.2. Taxonomía.....	5
4.3. Características morfológicas.....	6
4.3.1. Tallo.....	7
4.3.2. Cladodio.....	7
4.3.3. Hojas.....	7
4.3.4. Aréola.....	7
4.3.5. Espinas.....	8
4.3.6. Flor.....	9
4.3.7. Fruto.....	9
4.3.8. Semilla.....	9
4.3.9. Raíz.....	10
4.3.10. Habito.....	10
4.4. Tipo de reproducción.....	10
4.4.1. Sexual.....	10
4.4.2. Asexual	11
4.5. Fotosíntesis.....	12

4.5.1. Fotosíntesis tipo metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM).....	12
4.6. Requerimientos de condiciones climáticas.....	12
4.6.1. Suelo.....	13
4.6.2. Temperatura y precipitación.....	13
4.6.3. Altitud.....	13
4.7. Poda.....	13
4.7.1. Poda de sanidad.....	14
4.7.2. Poda de producción.....	14
4.7.3. Poda de rejuvenecimiento.....	14
4.8. Principales plagas y enfermedades.....	15
4.9. Composición nutricional.....	16
4.10. Etnobotánica	17
4.11. Principales usos.....	18
4.11.1. Producción de verdura y tuna.....	18
4.11.2. Forraje.....	18
4.11.3. Medicinal.....	19
4.11.4. Cerca viva.....	19
4.11.5. Cochinilla en la industria textil.....	20
4.11.6. Producción de biogás.....	20
4.12. Fertilización y requerimientos edafológicos.....	20
4.13. Especies de nopal en el estado de Puebla.....	22
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
5.1. Ubicación de la investigación.....	24
5.2. Muestreo estratificado.....	25
5.3. Encuesta.....	26
5.4. Variables cuantitativas y cualitativas.....	28
5.5. Análisis estadístico.....	31
5.6. Datos geográficos.....	31
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
6.1. Distribución plantas de nopal en los hogares.....	32
6.1.1. Datos demográficos.....	35

6.1.2. Conservación del nopal.....	37
6.1.3. Usos alternativos del nopal.....	38
6.1.4. Uso medicinal.....	40
6.1.5. Manejo agronómico.....	41
6.1.6. Consumo de nopal y tuna.....	42
6.1.7. Origen del nopal adquirido.....	43
6.1.8. Producción y consumo de nopal.....	44
6.1.9. Manejo de residuos de poda.....	46
6.1.10. Uso forrajero del nopal.	47
6.1.11. Asociación de nopal con otra planta.....	48
6.1.12. Fuente de conocimiento sobre el nopal.....	49
6.2. Caracterización morfológica de <i>Opuntia spp</i>	50
6.2.1. Grupo 1 especie: <i>Opuntia robusta</i> var. <i>larreyi</i>	55
6.2.2. Grupo 2 especie: <i>Opuntia larreyi</i>	57
6.2.3. Grupo 3 especie <i>Opuntia ficus indica</i>	60
6.2.4. Grupo 4 especie <i>Opuntia robusta</i> var. <i>robusta</i>	63
6.2.5. Grupo 5 especie <i>Opuntia lasiacantha</i>	66
6.2.6. Grupo 6 especie <i>Opuntia ficus indica</i>	70
6.2.7. Grupo 7 especie <i>Opuntia streptacantha</i> y <i>Opuntia hyptiacantha</i>	74
6.2.7.1. Subgrupo 1 <i>Opuntia hyptiacantha</i>	75
6.2.7.2. Subgrupo 2 <i>Opuntia streptacantha</i>	77
6.2.8. Accesiones.....	80
6.2.8.1. Accesoión 8 <i>Opuntia larreyi</i>	80
6.2.8.2. Accesoión 48 <i>Opuntia heliabravoana</i>	82
6.3. Análisis de componentes principales.....	84
VII. CONCLUSIONES	88
VIII. LITERATURA CITADA	89
IX. ANEXOS	99

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Taxonomía del nopal (<i>Opuntia spp</i>)	6
Cuadro 2. Principales plagas del nopal.....	15
Cuadro 3. Principales enfermedades del nopal.....	16
Cuadro 4. Composición nutricional.....	17
Cuadro 5. Respuesta de nopal a la aplicación de fertilizantes al suelo.....	21
Cuadro 6. Requerimientos edafológicos para nopal <i>Opuntia ficus-Indica</i> ...	22
Cuadro 7. Especies de nopal en el estado de Puebla.....	23
Cuadro 8. Distribución de encuestas en las localidades.....	26
Cuadro 9. Variables y tipo de análisis para datos de las encuestas.....	27
Cuadro 10. Variables morfológicas cualitativas analizadas por la técnica de análisis de componentes principales (PCA).....	29
Cuadro 11. Variables morfológicas cuantitativas analizadas por la técnica de análisis de componentes principales (PCA).....	30
Cuadro 12. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 1 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.....	57
Cuadro 13. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 2 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.....	59
Cuadro 14. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 3 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.....	62
Cuadro 15. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 4 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.	66
Cuadro 16. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 5 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión en la localidad de Ocoatepec.....	69
Cuadro 17. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 5 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión en las localidades.....	70

Cuadro 18. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 6 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.	73
Cuadro 19. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 7 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.....	79
Cuadro 20. Ubicación de accesiones 8, 48 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.....	84
Cuadro 21. Valores propios y proporción de varianza explicada de los 10 primeros componentes principales generados a partir de 30 variables morfológicas y 99 accesiones de <i>Opuntia spp</i>	84
Cuadro 22. Eligen vectores del análisis de los primeros dos componentes principales con variables dominantes derivados de 30 variables morfológicas de 99 accesiones de <i>Opuntia spp</i>	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Municipio de Ocotepc, Puebla.....	24
Figura 2. Mapa de los hogares con plantas de nopal en el municipio de Ocotepc, Puebla.	33
Figura 3. Mapa de distribución de accesiones y sus lugares de procedencia en el municipio de Ocotepc, Puebla.....	34
Figura 4. Edad y género de las personas encuestadas en el municipio de Ocotepc, Puebla.	35
Figura 5. Nivel de estudios y ocupación de las personas encuestadas en el municipio de Ocotepc, Puebla.	37
Figura 6. Motivo de conservación del nopal en las localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.....	38
Figura 7. Conocimiento de usos alternativos del nopal en las localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.....	39
Figura 8. Usos medicinales del nopal en las localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.....	40
Figura 9. Manejo agronómico del nopal en las localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.....	41
Figura 10. Frecuencia de consumo del nopal y tuna en las localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.....	42
Figura 11. Procedencia del nopal para consumo en localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.	43
Figura 12. Consumo y adquisición de nopal por hogar.....	45
Figura 13. Duración de temporada y kilogramos de cosecha de nopal.....	45

Figura 14. Manejo de residuos de poda del nopal en localidades del municipio de Ocoteppec, Puebla.....	46
Figura 15. Uso forrajero del nopal en las localidades del municipio de Ocoteppec, Puebla.....	47
Figura 16. Tratamiento del nopal para forraje en localidades del municipio de Ocoteppec, Puebla.....	48
Figura 17. Asociación del nopal con árboles en localidades del municipio de Ocoteppec, Puebla.....	49
Figura 18. Fuentes de conocimiento sobre el nopal en localidades del municipio de Ocoteppec, Puebla.....	49
Figura 19. Dendrograma de 99 accesiones de <i>Opuntia spp.</i> del municipio de Ocoteppec, Puebla con base en 30 caracteres morfológicos, usando la distancia euclidiana y el método de agrupamiento UPGMA.....	51
Figura 20. Mapa de distribución de especies de <i>Opuntia</i> en Ocoteppec, Puebla.....	52
Figura 21. Mapa de grupos de <i>Opuntia</i> y tipo de vegetación en Ocoteppec, Puebla.....	53
Figura 22. Mapa de grupos de <i>Opuntia</i> y rangos de altitud en Ocoteppec, Puebla.....	54
Figura 23. Características morfológicas de <i>Opuntia robusta</i> var. <i>larreyi</i> ; a) cladodio, b) brote de nopal con coloración purpura, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.....	56
Figura 24. Características morfológicas de <i>Opuntia larreyi</i> ; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.....	58

Figura 25. Características morfológicas de <i>Opuntia ficus indica</i> ; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.....	61
Figura 26. Características morfológicas de <i>Opuntia robusta</i> var. <i>robusta</i> ; a) cladodio, b) brote de nopal con coloración purpura, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.....	65
Figura 27. Características morfológicas de <i>Opuntia lasiacantha</i> ; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.....	68
Figura 28. Características morfológicas de <i>Opuntia ficus indica</i> ; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.....	72
Figura 29. Características morfológicas de <i>Opuntia hyptiacantha</i> ; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas adpresas al cladodio y hacia abajo, e) tallo, f) fruto.....	76
Figura 30. Características morfológicas de <i>Opuntia streptacantha</i> ; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas reflexas, e) tallo, f) fruto.....	78
Figura 31. Características morfológicas de <i>Opuntia larreyi</i> ; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.....	81
Figura 32. Características morfológicas de <i>Opuntia heliabravoana</i> ; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.....	83
Figura 33. Dispersión de 99 accesiones de <i>Opuntia spp</i> con base en los dos primeros componentes principales, derivados de 30 variables morfológicas.....	86

RESUMEN

Conocer la diversidad de especies de *Opuntia* nos permite tomar decisiones para su uso racional que permita preservarlas, así como su obtención de posibles usos alternativos de solución y el conocimiento de la distribución para los usos y manejo agronómico de las diferentes localidades estudiadas y construir una base de datos ampliando el conocimiento de las especies de este género. El estudio se realizó en las localidades del municipio de Ocotepéc, en el estado de Puebla, se utilizó el método de muestreo aleatorio estratificado, una encuesta al azar a 58 personas propietarios de *Opuntias*, en campo se buscaron datos morfológicos cuantitativos y cualitativos, se realizó su georreferenciación, además de la utilización de imágenes para poder caracterizar. El conocimiento de los habitantes acerca de los usos de nopal en donde predominó más los usos comestible y medicinal. De las especies de nopal identificadas, dos especies *Opuntia streptacantha* y *Opuntia ficus indica* presentaron características morfológicas que permiten dar mayor aprovechamiento en diferentes usos como forrajero, en la agricultura, el comercial e industrial. Esta investigación permitirá a futuras investigaciones que enriquezcan el acervo de conocimiento de las diferentes especies de *Opuntia* encontradas en el municipio de Ocotepéc, Puebla.

Palabras clave: *Opuntia spp*, morfología, etnobotánica, usos, distribución geográfica.

ABSTRACT

Being aware of the diversity of *Opuntia* species, it allows to make decisions about the rational usage that enables us to preserve them. As well as obtaining possible alternative uses for solutions, and the knowledge about the distribution of the uses and the agronomic management of different regions studied. Likewise, the creation of a database that expands the knowledge of these kinds of species. The study was carried out in Ocotepéc's towns located in the state of Puebla. A stratified random sampling method was used, as well as a random survey applied to 58 people who owned *Opuntias*. Quantitative and qualitative morphological data were sought in the field; its georeferencing was carried out, besides the usage of images to be able to characterize. The edible and medicinal purposes of Nopal usages predominated in the inhabitants' knowledge. Among the cactus, two species were identified: *Opuntia streptacantha* and *Opuntia ficus indica* that presented morphological characteristics that allow a greater use in different areas such as: forage, agriculture, commercial, and the industry. This research will allow future investigations to enrich the field of knowledge of the different *Opuntia* species found in the municipality of Ocotepéc, Puebla.

Keywords: *Opuntia spp*, morphology, ethnobotany, uses, geographical distribution.

I.INTRODUCCIÓN

El cultivo del nopal es un recurso que tiene un potencial agrotecnológico, tanto en la industria alimenticia como sus productos derivados del mismo, algunos ejemplos son en la farmacología, la medicina tradicional, y la industria agropecuaria (Aguilar *et al.*, 2008). Por su composición nutrimental puede ser considerado un buen producto, como opción de forraje principalmente en ganado caprino y ovino en las zonas áridas y semiáridas por su gran adaptabilidad y diversidad de especies (Torres-Ponce *et al.*, 2015).

En el mismo orden de ideas en México, la agricultura se ha calculado que comenzó hace 4,500 años d.C con la domesticación del maíz, frijol, calabaza, chile, amaranto, entre otras. Al mismo tiempo, el hombre se hizo sedentario empezó a seleccionar plantas silvestres sobresalientes, dentro de ellas el nopal para plantarlas cerca de su casa. Fue así como se surgieron los primeros huertos familiares. Esto permitió que los huertos se desarrollaran en el centro y norte de la república mexicana y que aún producen nopal, tanto para autoconsumo como para los mercados de los pueblos y ciudades (Flores y Corrales, 2003).

Como se ha señalado, las culturas que han habitado y convivido por miles de años con esta Cactácea, al igual que en la actividad científica, se ha desarrollado un meticuloso proceso de observación en la morfología, fenología y los usos aplicados que han sido transmitido por generaciones, y que ha resultado en un manejo eficiente de la naturaleza. A diferencia de la actividad científica, el conocimiento generado por estas culturas es más antiguo y por lo tanto ha sido validado y refutado desde hace mucho más tiempo (Carapia-Carapia y Vidal-García s/f). La Etnobotánica es un campo de la ciencia con un carácter multidisciplinario, que estudia las relaciones entre las sociedades humanas y las plantas, cuyo campo de acción es muy amplio en lo concerniente a los temas que trata (Martínez, 1994). Ha sido considerada como una disciplina no científica, debido entre otras cosas a la falta de rigor metodológico en una parte importante de la investigación que se realiza. Durante los últimos años se ha generado una fuerte tendencia de cambio en esa situación, así, varios investigadores emplean métodos estadísticos y técnicas cuantitativas para la descripción y análisis de datos etnobotánicos, en las diferentes áreas de dicha disciplina (Alexaides, 1996).

Asimismo esta disciplina nos permiten aprender de las personas y sensibilizarnos en el uso de las plantas y otros recursos naturales, reconociendo la importancia de las mismas con respecto

a una comunidad por sus diversos usos, a su vez junto con la actividad científica nos ayudan a fundamentar la conservación de la riqueza de especies en las comunidades y sobre todo rescatar el conocimiento empírico que hasta hoy en día sigue siendo de gran utilidad para continuar en los avances de innovar nuevas tecnologías; tanto en la farmacología, agricultura, productos textiles, entre otros (Carapia-Carapia y Vidal-García s/f).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Conocer la distribución geográfica de las especies de nopal (*Opuntia spp*) y sus principales usos en el municipio de Ocotepc, Puebla.

2.2. Objetivos específicos

- Recopilar información sobre los usos y el manejo agronómico del nopal (*Opuntia spp*) que le dan los habitantes.
- Caracterizar morfológicamente colectas de nopal (*Opuntia spp*) en el municipio de Ocotepc, Puebla.
- Identificar las especies del nopal (*Opuntia spp*) y sus principales usos.
- Generar una base de datos de la distribución espacial de las especies de nopal en el municipio de Ocotepc.

III. HIPÓTESIS

Se identificará y visualizará la distribución de más de una especie del nopal (*Opuntia spp*) que sea idónea por tener aplicaciones en la ganadería, la agricultura, y uso comercial en el municipio de Ocoatepec.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen y distribución geográfica

La familia *Cactaceae* es endémica de América; su distribución natural abarca prácticamente todo el continente, con excepción de las regiones por encima de los 5,600 metros de altitud (Becerra, 2000), México es uno de los centros de origen y dispersión del género *Opuntia*, existen 93 especies de *Opuntia* silvestres, de las que 62 son endémicas (Vela, 2015), que por su gran diversidad de especies y cultivares es uno de los recursos vegetales más importantes para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas (Figueroa-Cares *et al.*, 2010).

La mayor diversidad puede ser hallada en el noroeste, el Bajío, el Eje Neovolcánico, el valle de Tehuacán-Cuicatlán y el centro y norte del Altiplano. Adicionalmente, cabe destacar que el nopal alcanzó territorios del Mediterráneo, luego de los efectos de la conquista española (Milo, 2022), después del descubrimiento de América, algunas especies fueron introducidas en otros continentes (Becerra, 2000), Kiesling y Metzing (2018) y a otros países del Mediterráneo, así como a Sudamérica, Sudáfrica, India y Australia. Lo que significa que antes que el hombre distribuyera plantas de esta familia, no existían en Europa, África, Asia y Oceanía (Flores y Corrales, 2003).

4.2. Taxonomía

La familia *Cactaceae* corresponde a un variado e interesante grupo de especies vegetales superiores (Cuadro 1) presentan una marcada especialización morfológica y fisiológica, principalmente respecto al balance hídrico y al metabolismo del carbono, son plantas suculentas con espinas que pertenecen a la Familia *Cactaceae*, cuya característica de las plantas es ser perennes, se diferencian de otras suculentas especialmente por la presencia de aréolas en sus ramas, estructuras en las que se sitúan las espinas, las flores y los frutos (MMA, 2015).

Cuadro 1. Taxonomía del nopal (*Opuntia spp*).

Taxonomía	Vegetal
Subreino:	<i>Embryophyta</i>
División:	<i>Angioserma</i>
Clase:	<i>Dicotiledoneae</i>
Subclase:	<i>Dialipetalas</i>
Orden:	<i>Opuntiales</i>
Familia:	<i>Cactaceae</i>
Tribu:	<i>Opuntiae</i>
Subfamilia:	<i>Opuntioideae</i>
Género:	<i>Opuntia y Nopalea</i>
Subgénero:	<i>Platyopuntia</i>
Especie:	<i>Varios nombres</i>

Fuente: Bravo-Hollis (1978).

4.3. Características morfológicas

El nopal es una cactácea carnosa, cladodio de forma abovada y gruesa lo que se conoce como penca o “tronco”, y con ramas articuladas conocidas como ramificaciones, las hojas a la madurez se convierten en espinas lo cual es un rasgo común en las cactáceas o bien carece de ellas en otras especies, los brotes tiernos se presentan como hojas verdaderas en su limbo es cilíndrico y carnoso de vida muy corta (Soria *et al.*, 2015). Estas cactáceas tiene una cutícula muy gruesa, que les permite almacenar grandes cantidades de mucílago, agua en forma de jugo gomoso conocido coloquialmente “baba de nopal” su succulencia es su principal característica morfológica, lo que permite acumular grandes cantidades de agua en períodos cortos de tiempo y las hace más eficientes evitando la evapotranspiración de planta permitiendo adaptarse a zonas áridas y semiáridas con poca disponibilidad de agua y temperaturas extremas Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA, 2015).

4.3.1. Tallo

Presente o ausente, muy corto o largo, corteza lisa, rugosa o escamosa, en ocasiones segmentada, negruzca, marrón, a veces variegada de amarillo o anaranjado, con o sin espinas, en ocasiones con pelos cerdosos, hasta de 20 cm de largo, ramificación barítona, acartona o se extiende horizontalmente (Scheinvar *et al.*, 2020). En algunos casos el tallo es articulado en secciones también llamadas pencas o cladodios en la madurez se lignifica y se cubre de una gruesa cutícula cerosa, la cual reduce la transpiración (Ceroni y Castro, 2013). El porte puede ser arborescentes, arbustivas o rastreras, simples o cespitosas. Tronco bien definido o con ramas desde la base, erectas, extendidas o postradas (Guillot y Van Der Meer, 2006).

4.3.2. Cladodio

El cladodio anatómicamente es una sección transversal es una estela formada por epidermis, córtex, tejido vascular, en un anillo organizado en grupos de vasos vasculares, separados por tejido de parénquima y medula, la cual forma la mayor parte del tejido succulento (Prat *et al.*, 2018). Se presentan en forma de encadenados, actinomorfos o zigomorfos, aplanados o algo cilíndricos, con o sin tubérculos prominentes, oblongos, circulares, subcircular u obovados, verdes, glaucos, violáceos, amarillentos o variegados de púrpura o amarillo (Scheinvar *et al.*, 2020).

4.3.3. Hojas

Existen en los renuevos de las pencas cuando están tiernas. Son pequeñas hojas cilíndricas y en forma de cuernos; herbáceas, en cuyas axilas se hallan las aréolas de donde brotan las espinas. Las hojas desaparecen por completo en unos días en cuyo lugar se forman espinas (Rodríguez *et al.*, 2014). Estas hojas se diferencian durante el desarrollo de los cladodios jóvenes (brotes tiernos) y después de 30 a 40 días, las hojas se desprenden del cladodio y son remplazadas por las espinas, que son hojas modificadas esclerificadas (Pimienta, 1990).

4.3.4. Aréola

Es uno de los órganos más característicos de los cactus en la superficie de los tallos, que son elementos semejantes a yemas existentes en los tallos de las demás dicotiledóneas. Son estructuras afelpadas, exclusivas de los cactus, donde van a aparecer las espinas, los pelos, las

hojas, las flores, ramas y los frutos (Ceroni y Castro, 2013), de estas aréolas emergen espinas cortas y densas o espinas más largas y pesadas o ambas (Hart y Lyons, 2013). González *et al.* (2001) el fieltro se encuentra en la aréola y es un conglomerado de pelo muy corto que se forma en la aréola (lana).

4.3.5. Espinas

Son hojas modificadas que crecen en las aréolas en medio de un indumento de tricomas pluricelulares, o glóquidias y en algunos casos en lengua náhuatl como ahuates. Las espinas están presentes en todos los géneros, al menos durante las primeras etapas de su vida. Las espinas pueden presentar variaciones en tamaño y apariencia dentro de una misma aréola, frecuentemente formando 2 series, las centrales y las radiales (Ceroni y Castro, 2013). Su clasificación de las espinas del género *Opuntia es* de acuerdo con su forma son: Subulada, acicular y uncinada y por su dirección se clasifica como adpresa, recurvada, reflexa, porrecta y divergente (González *et al.*, 2001).

La falta de hojas y la presencia de espinas o pelos refrigerantes en algunas especies, ayuda a la planta a disminuir el calor provocado por la incidencia de los rayos solares. No obstante, no es raro que el tallo alcance temperaturas muy elevadas, que en otras plantas las podrían llevar al atrofiamiento de sus tejidos (Becerra, 2000).

Las espinas sirven de protección al cactus contra los herbívoros, pero también lo protegen del sol y reducen así la pérdida de agua por evaporación. En los cactus las espinas también pueden adoptar otras formas y funciones especializadas. En ciertas especies, las glóquidias de segmentos del tallo o de retoños se enganchan a la lana de algunos animales, con lo que se favorece su dispersión (Bueno y Plumed, 2017). Las glóquidias son estructuras unicelulares de origen meristemático, poseen pequeñas púas apicales retosas, que penetran fácilmente en un cuerpo extraño, pero salen de él con dificultad, comúnmente llamadas ahuates (González *et al.*, 2001).

4.3.6. Flor

Las flores de los cactus brotan de las aréolas, se localiza en la parte superior de las pencas (Bueno y Plumed, 2017). Sus pétalos poseen colores vivos como amarillo, anaranjado, rojo, rosa, salmón, etc., según la especie de nopal. Por lo general, las flores son grandes; el ovario es inferior, unilocular, con muchos óvulos y lóbulos del estigma (cinco a 10); el androceo posee gran cantidad de estambres. Son hermafroditas anatómicas; algunas, sin embargo, son unisexuales por atrofia del androceo o del gineceo. En el hemisferio norte, la floración tiene lugar en primavera, durante marzo, abril y mayo. Una vez efectuada la fecundación, el perianto se marchita y cae, pero a veces permanece adherido al fruto por algún tiempo (Rodríguez *et al.*, 2014).

4.3.7. Fruto

Es un fruto globoso u ovoide, de tres a cinco centímetros de longitud, de color verde, pero que se torna rojizo o anaranjado al madurar, o ser rojizo morados, incluso puede ser amarillo a blanco en ciertas variedades (García y Serrano, 2021). Presenta coloraciones que pueden variar según la especie, colores van amarillo canario, amarillo limón, anaranjado, rojo, guinda, rojo-morado, verde tierno, blanco verdoso, el fruto tiene una cáscara gruesa, espinosa, y con una pulpa abundante en pepas o semillas (Rodríguez *et al.*, 2014).

4.3.8. Semilla

Semillas como en el resto del género tienen formas lenticulares; testa clara; arilo ancho; embrión con hipocótilo y cotiledones grandes; perisperma bien desarrollado (Bravo-Hollis, 1978). Irregularmente discoide, gris, pardusco o tostado, 3-4 mm de largo (Said *et al.*, 2017).

Están integradas por el embrión, las cubiertas protectoras y, restos de sustancias nutritivas. El embrión tiene los cotiledones grandes o pequeños, según los géneros más o menos primitivos. Las envolturas de las semillas son dos: una interna, tegmen, muy delgada; y la externa, testa, gruesa, provista de poros, verrugas o tubérculos, formaciones que actúan en el proceso de la dispersión de las semillas adhiriéndose o rodando por las superficies o grietas del suelo, cortezas, donde el viento, las lluvias, así como algunos animales hormigas y roedores, entre otros las transportan a los sitios donde podrán germinar (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999).

4.3.9. Raíz

El género *Opuntia* tienen raíces que se extienden ampliamente justo debajo de la superficie del suelo. Esto les permite absorber el agua que se ha filtrado solo por la parte superior del suelo después de una breve lluvia del desierto, o aprovechar el agua que escurre de la propia planta debido a que el agua no se almacena en las raíces, sino en los tallos de la planta (Hart y Lyons, 2013). Reynolds y Arias (2001) En consecuencia la planta crece rápidamente y tiene raíces pequeñas que vuelven a crecer cada año desde la raíz principal durante los tiempos de lluvia.

Al final de su desarrollo, son gruesas y sin pelos radicales, tienen caliptra prominente, con las células epidérmicas formando apéndices bracteados. El crecimiento de las raíces jóvenes es muy rápido, y se transforma en un córtex de 3-4 células de espesor, cubiertas de pelos radicales. Algunas de estas células ante el déficit hídrico reducen la formación de células endodermiales con banda de Caspari cerca de la punta de la raíz (De Micco y Arone, 2012).

4.3.10. Habito

Hábitos arbóreo, arbustivo o rastrero; simple o cespitoso; tronco que puede estar definido o presentar ramas desde la base (González *et al.*, 2001).

4.4. Tipo de reproducción

La reproducción es la generación de organismos y se lleva a cabo de manera sexual, asexual o clonal. Una desventaja de la reproducción sexual es que las plantas necesitan vectores para transportar el polen al estigma de otras flores para evitar la autogamia, y se propone que hay una relación de retroalimentación inversa entre la clonalidad y la reproducción sexual, para evitar la depresión endogámica, la geitonogamia y asegurar la reproducción sexual por entrecruzamiento, para un mayor éxito adaptativo (Mandujano *et al.*, 2014).

4.4.1. Sexual

La reproducción sexual se tienen beneficios como la recombinación genética, que es importante porque se obtiene variabilidad en la población; además, esta estrategia reproductiva le permite a la especie tener una mayor dispersión a través de las semillas, lo que se traduce en la posibilidad de que los descendientes se establezcan y conquisten nuevos ambientes (Avendaño, 2016).

Las frutas y las partes vegetativas, como los cladodios espinosos, están estrechamente relacionadas con la dispersión de semillas y la diseminación vegetativa altamente eficiente por parte de los animales (Reyes-Agüero *et al.*, 2006), debido a que al consumir las semillas se dispersan a través de los excrementos de animales, incluidas las aves, debido a sus cubiertas duras que les permiten sobrevivir al calor, la falta de agua y pasar sin daños a través del sistema digestivo de los animales de pastoreo y las aves (Hart y Lyons, 2013).

En las cactáceas la polinización ocurre por animales como abejas, polillas, murciélagos y colibríes; en el género *Opuntia* domina la melitofilia o polinización por abejas (Mandujano *et al.*, 2010).

4.4.2. Asexual

La reproducción vegetativa ocurre cuando los animales, el viento, las inundaciones o las perturbaciones mecánicas separan los cladodios de la planta madre y echan raíces donde se alojan. Los tallos o los cladodios producen rápidamente raíces adventicias y forman nuevas plantas cuando entran en contacto con el suelo húmedo (Hart y Lyons, 2013). Se trata de una estrategia muy común en ecosistemas extremos; ejemplo de ello son los desiertos, donde se ha observado que hasta 80% de las especies vegetales presenta propagación clonal, probablemente como respuesta al estrés ambiental (Avendaño, 2016), por esta razón la multiplicación vegetativa parece ser más eficiente que la reproducción sexual para el reclutamiento de plantas (Reyes-Agüero *et al.*, 2006).

Otra técnica de propagación más utilizada es el uso de cladodios enteros, segmentos de cladodios o frutos para la propagación por esquejes. Este método de propagación es más fácil y rápido que la propagación por semillas, pero la tasa de brote a corte es baja y se requiere una gran cantidad de espacio (Estrada-Luna *et al.*, 2008).

4.5. Fotosíntesis

La epidermis de una planta tiene poros que permiten el intercambio de gases entre el ambiente externo e interno. Estos poros o estomas están rodeados por un par de células llamadas células guarda y éstas a su vez por otras células conocidas como células subsidiarias. La estoma junto con estas células se conoce como complejo o aparato estomático. La fuerza que hace que las estomas se abran es consecuencia de la entrada de agua por ósmosis a las células guarda y el incremento de presión hidrostática. El resultado es la deformación de las células que incrementan el tamaño del poro entre ellas (Carrillo-Hernández *et al.*, 2014).

4.5.1. Fotosíntesis tipo metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM)

Las cactáceas han llevado a cabo diversas adaptaciones fisiológicas a lo largo de cientos de años, entre ellas haber moldeado una ruta especializada para lograr la fijación del dióxido de carbono (CO₂) a este mecanismo se le denomina CAM (Magos, 2016). En el caso de las plantas que tienen éste mecanismo CAM, cierran sus estomas e impiden la entrada de dióxido de carbono a la vez que evitan perder agua y lo activan de noche. En su lugar desarrollan un mecanismo de almacenamiento y liberación para entrar al ciclo de Calvin. Mediante la formación de Acido Málico se crea un mecanismo de transporte y almacenamiento del CO₂ capturado durante la noche para llevarlo a las vacuolas y generar una acidificación confinada en éstas, lo que explica los pH tan ácidos que se pueden detectar en las pencas por las mañanas (SAGARPA, 2015).

4.6. Requerimientos de condiciones climáticas

El cultivo del nopal en las zonas semiáridas ha surgido como una necesidad del agricultor de estas zonas de buscar alternativas de menor riesgo antes las condiciones climáticas fluctuantes que prevalecen y que año con año causan pérdidas totales o parciales en los cultivos agrícolas tradicionales como maíz o frijol, por ejemplo. Esta planta sin lugar a duda por sus características morfológicas y fisiológicas constituye una alternativa para enfrentar lo aleatorio de las condiciones climáticas de las zonas áridas (Pimienta, 1990)

4.6.1. Suelo

Dada su rusticidad, los nopales por lo general se desarrollan en suelos de diferentes características, pero preferentemente los calcáreos de textura franca o franca-arenosa. No necesariamente requieren de suelos muy profundos pudiendo desarrollarse de manera normal en suelos delgados, pero que posean buen drenaje que permitan una rápida infiltración del agua (Matadamas *et al.*, 2016). Reynolds y Arias (2001) por otra parte en períodos secos, las raíces pequeñas mueren, agregando materia orgánica al suelo, de modo que, con un mayor contenido de materia orgánica, es más fácil para el suelo absorber el agua de lluvia.

4.6.2. Temperatura y precipitación

La temperatura que las temperaturas oscilen entre 15 a 28 °C, la mayor parte de las especies soportan heladas no severas, es decir aquellas cercanas a los 0 °C, pero para que se mantengan en producción se tienen que cuidar el primer rango. Por esa razón se tiene la alternativa de manejo en micro túnel, para amortiguar caídas de temperatura por debajo de los 15 °C. Si son a cielo abierto y no se dispone de fuente de agua para irrigación, las precipitaciones pluviales aptas van desde los 150 mm anuales hasta los 1800 mm (SAGARPA, 2015)

4.6.3. Altitud

El género *Opuntia* se encuentra desde el nivel del mar hasta una altitud de 4,700 m, aunque la altitud óptima es de 1,700 a 2,300 m más (Ruiz *et al.*, 2013).

4.7. Poda

La poda se puede definir como un conjunto de intervenciones que se hacen para orientar la actividad vegetativa de la planta hacia un fin predeterminado, sea floración, fructificación, sombra, protección u ornamento (Casierra-Posadas y Fischer, 2012).

4.7.1. Poda de sanidad

Consiste en eliminar aquellas pencas que presentan mala formación y daños ocasionados por plagas y enfermedades; por lo común se lleva a cabo al mismo tiempo que la poda de formación, ya que se considera como una sola poda; pero es importante diferenciarlas cuando se trate de recuperar plantaciones en malas condiciones de producción; se realiza durante el año (Rodríguez *et al.*, 2014).

4.7.2. Poda de producción

Esta poda es útil para mantener un buen balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo, con un número adecuado de cladodios terminales nuevos para la floración del año siguiente (Mulas y D'Hallewin, 1992). La emergencia de yemas es mayor si la poda se efectúa durante la estación de crecimiento. En la mayoría de los cultivares, la brotación vegetativa supera a la reproductiva. La planta puede ser mantenida en estado juvenil por tiempo indefinido con poda continua, esta práctica es básica en la utilización de nopal como verdura (Mondragón *et al.*, 2003).

4.7.3. Poda de rejuvenecimiento

Se realiza cuando la plantación ha alcanzado la edad de 15 a 20 años, dependiendo del manejo que se proporcionó durante este tiempo, llega el momento en que la producción empieza a decaer, por agotamiento de las yemas vegetativas. El agotamiento de la parte superior de la penca hacia la base es el principal factor responsable de la menor producción, además de la edad de la planta. Hay dos opciones para continuar la explotación: la eliminación total de la plantación vieja y establecer en su lugar una nueva, volviendo a realizar todas las actividades; la segunda es una poda de rejuvenecimiento, que consiste en eliminar la planta vieja existente dejando exclusivamente los 0.40 a 0.45 m inferiores del tronco de la planta para empezar de ahí la formación de una nueva planta (Rodríguez *et al.*, 2014).

4.8. Principales plagas y enfermedades

Flores y Corrales (2003) recopiló la información de Hernández (1993), Villanueva (1995), y Gijón (1998) de las principales plagas (Cuadro 2) y enfermedades (Cuadro 3) del nopal

Cuadro 2. Principales plagas del nopal.

Nombre común	Nombre científico
Picudo barrenador	<i>Cactophagus spinolae</i> . Gyll.
Picudo de las espinas	<i>Nombre científico</i>
Picudo de las espinas	<i>Cylindrocopturus biradiatus</i> . Champ.
Gusano blanco del nopal	<i>Lanifera cyclades</i> . Druce.
Gusano cebra	<i>Olycella nephelepsa</i> . Dyar.
Chinche gris	<i>Chelinidae tabulata</i> . Burm.
Chinche roja	<i>Hesperolabops gelastops</i> . Kirk.
Mosca del nopal	<i>Dasiops bennetti</i> . Mc. Alpine.
Barrenador del nopal	<i>Lanifera cyclades</i> . Druce.
Cochinilla	<i>Dactylopius indicus</i> . Green.
Trips del nopal	<i>Sericotrips opuntiae</i> . Hood.
Gusano de alambre	<i>Melanotus</i> sp.
Mayate verde del fruto	<i>Cotinis nítida</i> . Lin.
Gallina ciega	<i>Phyllophaga</i> spp.
Chinche del fruto	<i>Narnia femorata</i> . Stal.
Escama del nopal	<i>Diaspis echinocacti</i> . Bouché.
Perforador del fruto	<i>Asphondylla opuntiae</i> . Felt.

Fuente: Hernández (1993) y Villanueva (1995).

Cuadro 3. Principales enfermedades del nopal.

Nombre común	Nombre científico
blanda de los cladodios	<i>Pythium sp.</i>
Pudrición negra	<i>Macrophomina sp.</i>
Mancha de oro	<i>Alternaria sp. Ascochita sp.</i>
Lesiones causadas por:	<i>Phyllosticia cóncava</i>
Una enfermedad causada por:	<i>Fusarium solami y Fusarium oxysporum</i>
Gomosis	<i>Dothiorella ribis</i>
Pudrición bacteriana:	<i>Erwinia sp.</i>
Antracnosis de la penca y del fruto	<i>Colletotrichum gloesporoides</i>
Negrilla o fumagina	<i>Capnodium sp.</i>
Pudrición de la epidermis	<i>Phoma sp.</i>
Mancha o secamiento de la penca	<i>Alternaria sp.</i>
Mancha bacteriana	<i>Bacteriem sp.</i>
Agalla del nopal	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Engrosamiento de cladodios	<i>Virus o micoplasmas</i>

Fuente: Hernández (1993) y Villanueva (1995).

4.9. Composición nutricional

En términos nutricionales (Cuadro 4), el nopal verdura aporta proteínas, calcio, hierro, vitaminas A y B, fibra y ácido ascórbico, con un aporte energético de 27 Kcal por cada 100 gramos. El nopal verdura o nopalito, al igual que otras verduras, contribuye con una alta proporción de agua a la dieta y es muy cotizado por su alto contenido en fibra; además, es bajo en lípidos, hidratos de carbono y proteínas; por ello, es preferido en el menú cotidiano de muchas familias del pueblo mexicano (Soria *et al.*, 2015).

Cuadro 4. Composición nutricional.

	Cantidad
Energía	27 kcal
Proteínas	0.17 g
Grasas	0.30 g
Carbohidratos	5.60 g
Calcio	93 g
Fierro	1.60 mg
Tiamina	0.03 mg
Riboflavina	0.06 mg
Niacina	0.03 mg
Ácido Ascórbico	8 mg

Fuente: SAGARPA (2012).

4.10. Etnobotánica

La etnobotánica es el campo científico que estudia las interrelaciones que se establecen entre el hombre y las plantas, a través del tiempo y en diferentes ambientes (Hernández, 1978). El ser humano, desde su origen y en todas las culturas existentes, siempre ha recurrido a los vegetales para cubrir sus necesidades más elementales: alimentarse, curar las diferentes dolencias más comunes en cada región, vestirse, dar cobijo y calor o procesar alimentos entre otras. Cada cultura ha obtenido los recursos necesarios de una forma u otra y los ha utilizado conforme a sus necesidades, de tal modo que la evolución cultural ha ido de la mano de la evolución en el conocimiento del medio natural, y del entendimiento de sus diferentes componentes y su funcionamiento (Sánchez-Robles y Torres, 2020).

4.11. Principales usos

Debido a la caracterización histórica del nopal, es posible destacar cuatro principales productos: la tuna, el nopal verdura, el nopal forrajero y la grana cochinilla. Sin embargo, a partir de innovaciones tecnológicas se han logrado otras opciones de aprovechamiento que le han dado un valor agregado: nopal como cerca viva, medicinal y producción de biogás con biomasa de nopal (Soria *et al.*, 2015).

4.11.1. Producción de verdura y tuna

Existe la creencia de que el nopal es una planta que no requiere de cuidado alguno. Sin embargo, como la mayor parte de las plantas útiles al hombre, el nopal debe ser manejado agronómicamente de manera sustentable si se desean obtener altas producciones (Rodríguez *et al.*, 2015). Principalmente la *Opuntia ficus-indica* que es de gran importancia agronómica por sus frutos y también por sus cladodios que suelen ser consumidos como verdura (Guzmán y Chávez, 2007).

4.11.2. Forraje

El cactus es una importante opción forrajera para las regiones semiáridas del mundo. La energía y el agua suministradas por este forraje han sido utilizadas durante mucho tiempo por el ganado, y el cultivo de cactus ha aumentado la seguridad alimentaria y reducido el hambre y la pobreza en las zonas semiáridas. Las prácticas ambientales y de manejo afectan el valor nutritivo de los cactus y el desempeño animal. Las principales especies de cactus utilizadas para el ganado incluyen *Opuntia ficus-indica* Mill., *O. lindheimeri* Engelm, *O. ellisiana*, *O. engelmannii* Salm Dyck, *O. chrysacantha* Berg, *O. amyclae*, *O. rastrera* Weber, *O. stricta* Haw, y *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck (Dubeux *et al.*, 2021).

Cactus tiene un potencial de producción anual de más de 20 toneladas de materia seca por hectárea y al año proporciona por hectárea 180 toneladas de agua de buena calidad almacenada en sus cladodios para el ganado (Dubeux *et al.*, 2015). Esto es al menos 60 veces más alto que la productividad de los pastizales. y es suficiente para producir forraje para sustentar cinco vacas adultas por año. Así, con pequeñas huertas intensivas de nopal, es posible producir alimentos para el ganado y reducir la degradación de los pastizales (Dubeux, 2016).

Las espinas se queman para que el ganado, especialmente el ganado, consuma la planta. Los animales deben consumir grandes cantidades para satisfacer sus apetitos. El contenido de nutrientes del nopal es demasiado bajo para mantener otros animales que no sean vacas de carne no lactantes y de cría temprana. Los niveles de proteína cruda generalmente están por debajo del nivel (6 %) necesario para mantener la función del rumen. El bajo nivel de proteínas del nopal y la gran cantidad de fibra no digerible provocan la formación de "bolas de pera" en el rumen. Por lo tanto, el ganado alimentado con higo chumbo necesitará un suplemento proteico (Hart y Lyons, 2013).

4.11.3. Medicinal

La penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) o nopal, debido a sus características únicas, es una planta utilizada en la medicina tradicional para tratar diversas enfermedades. Asimismo, investigaciones realizadas al nopal como un alimento funcional por su alto contenido de fibra, regula el tránsito intestinal, combate el estreñimiento, rebajar los niveles de glucosa en sangre y reduce los triglicéridos. Su contenido en calcio ayuda a fortalecer los huesos y prevenir problemas como la aparición de osteoporosis (CITE y DIDITT, 2020).

Siguiendo el mismo punto de propiedades funcionales la elaboración de harina de nopal se destina tanto para la industria de alimentos como para la industria de complementos alimenticios, ligada en cierto modo a la industria farmacéutica, como tabletas y cápsulas de nopal que se encuentran en el mercado mexicano desde hace años y se ofrecen como apoyo en el control de la obesidad y la diabetes (Soria *et al.*, 2015).

4.11.4. Cerca viva

En lugares áridos y ventosos se utilizan para fijar el suelo y prevenir la erosión de las lluvias que normalmente se producen de forma intensa en algunas épocas del año. En los huertos familiares de las áreas rurales, se cultivan los nopales como cercos o dentro del huerto (Flores y Corrales, 2003) Este uso se hace muy adecuado en los cultivos que se llevan a cabo en forma de terrazas (Prieto-García *et al.*, 2006).

4.11.5. Cochinilla en la industria textil

La cochinilla fina pertenece a la especie *Dactylopius coccus* Costa, que se cultiva desde tiempos prehispánicos para la producción de la “grana”, colorante rojo (debido a la presencia del ácido carmínico), muy cotizado por sus múltiples usos en la tinción de fibras textiles, la industria de los alimentos cárnicos y lácteos, en productos farmacéuticos, cosméticos y para la elaboración de tinciones histológicas y bacteriológicas (Hernández-Hernández *et al.*, 2005).

4.11.6. Producción de biogás

El género *Opuntia* representa uno de los cultivos bioenergéticos altamente eficientes en el uso del agua que son adecuado para expandir la producción de materias primas en tierras marginales semiáridas. Estas materias primas han ganado interés por ser utilizadas principalmente a los biocombustibles debido a su alto contenido de agua y eficiencia en el uso de fertilizantes y no competir con los principales cultivos alimentarios o convencionales materias primas para biocombustibles (Yang *et al.*, 2015).

4.12. Fertilización y requerimientos edafológicos

En la producción de nopal se utilizan grandes cantidades de materia orgánica. En plantaciones tradicionales las calles se cubren con una capa de 10 a 15 cm de estiércol (generalmente de bovino) cada dos o tres años; muchos productores también aplican fertilizantes químicos (normalmente urea o sulfato de amonio) de una a tres veces al año. En sistemas intensivos se aplican normalmente de 100 a 200 t ha¹ de abono orgánico, de fertilizante químico se aplican de 100 a 200 kg ha¹ de nitrógeno y de 80 a 100 kg ha¹ de fósforo (Flores y Corrales, 2003) .

Posteriormente, cada año se aplica igual cantidad de estiércol, pero se deja sobre la superficie, con éste se mejora la fertilidad calidad del suelo, se evita la emergencia de maleza, ayuda a conservar la humedad y da calor para la brotación y desarrollo de nuevos nopales Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (SAGARPA y INIFAP, 2016). Valdez-Cepeda y Blanco-Macías (2007) recopilaron de varios autores la respuesta del cultivo de nopal con la aplicación de fertilizantes al suelo que se muestran en la siguiente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Respuesta de nopal a la aplicación de fertilizantes al suelo.

Nutrientos	Efectos positivos	Referencias
Fertilizantes		
N	Número de brotes vegetativos	Nobel <i>et al.</i> (1987), Mondragón y Pimienta (1990)
	Número de yemas florales	Nerd <i>et al.</i> (1991), Nerd y Mizrahi (1992)
	Kg materia seca yemas florales	Nobel <i>et al.</i> (1987) Nerd <i>et al.</i> (1991)
N, P Y K+ (+sequía)		
N y P	Kg materia seca	González y Everitt (1990)
N, P, K+ y Ca²⁺	Rendimiento tuno	Claessens y Wessels (1997)
	Kg materia seca P	Valdez-Cepeda <i>et al.</i> (2002a)
	Kg de cladodio	Valdez-Cepeda <i>et al.</i> (2002b)

Fuente: Valdez-Cepeda y Blanco-Macías (2007).

Los requerimientos edafológicos para una mayor producción de verdura para el cultivo de nopal se muestran en el siguiente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Requerimientos edafológicos para nopal *Opuntia ficus-indica*.

Características del suelo	Condición del suelo	Observación
Origen del suelo	Calcáreo	Puede desarrollarse en suelos de cualquier origen
Textura	Franca, arcillo arenosa arena franca y franco arenosa	Las texturas arcillosas no son adecuadas
Profundidad	20 - 50 cm profundos	En caso de suelos profundos
Drenaje	Bueno	
Permeabilidad	Rápida	
pH	6.5 a 8.5	
Pendiente	2 a 3 %	En terrenos con mucha pendiente se sugiere realizar terrazas ya que se requiere una mínima pendiente para algunas prácticas agrícolas como el riego
Fertilidad del suelo	Muy fértil	

Fuente: Rodríguez *et al.* (2014).

4.13. Especies de nopal en el estado de Puebla

Scheinvar *et al.* (2020) mencionan las especies identificadas de *Opuntia* que se encuentran en el estado de Puebla, el nombre común y los usos principales (Cuadro 7).

Cuadro 7. Especies de nopal en el estado de Puebla.

Especie	Nombre común	Usos principales
<i>Opuntia atropes</i>	Xoconillo	Comestible, retención de suelos
<i>Opuntia decumbens</i>	Nopal culebra	Retención de suelos
<i>Opuntia depressa</i>	Nopal de toro	Comestible
<i>Opuntia heliabravoana</i>	Nopal duraznillo	Ornamental
<i>Opuntia huajuapensis</i>	Nopal blanco	
<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarrón	Extracción de pigmento, Comestible
<i>Opuntia icterica</i>	Nopal cuernito	Comestible
<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de cerro	Comestible, cerca viva y ornamental
<i>Opuntia leucotricha</i>	Nopal duraznillo rojo	Cerca viva
<i>Opuntia macrocentra</i>	Nopal morado	Ornamental, retención de suelos
<i>Opuntia matudae</i>	Nopal cueron	Consumo y medicinal
<i>Opuntia parviclada</i>	Xoconostle	
<i>Opuntia pilifera</i>	Nopal crinado	Consumo, medicinal y forraje
<i>Opuntia guerrana</i>	Tuna taponá	
<i>Opuntia pubescens</i>	Perritos, abrojo	Ornamental y retención de suelo
<i>Opuntia pumila</i>	Cardo, nopal Cardoso	Maleza y fácil reproducción
<i>Opuntia robusta</i>	Nopal macho, tapón	Comestible, medicinal y pigmentos
<i>Opuntia sarca</i>	Nopal coyote	Comestible y retención de suelos
<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón, charola	Comestible, medicinal, forraje y
<i>subsp. streptacantha</i>		Retención de suelo
<i>Opuntia stricta</i>	Nopal costero	Comestible y retención de suelos
<i>subsp. stricta</i>		
<i>Opuntia tehuacana</i>	Desconocido	Retención de suelos
<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal blanco, San Gabriel, lengua de vaca,	Retención de suelos
<i>Opuntia velutina</i>	Desconocido	Retención de suelos
<i>var. macdougaliana</i>		

Fuente: Scheinvar *et al.* (2020).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en el municipio de Ocoatepec, ubicado en el noroeste del estado de Puebla, México, localizado entre coordenadas Latitud norte $19^{\circ}29'55.32''$ N $19^{\circ}36'10.44''$ N, Longitud oeste $97^{\circ}43'53.76''$ W $97^{\circ}37'12.00''$ W y con una altitud que oscila entre 2360 a 3200 msnm (Figura 1), colindando con el municipio de Cuyoaco al este, el municipio de Libres al sur y el municipio de Ixtacamaxtitlán al oeste. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y semifrío subhúmedo, con rangos de temperatura 10° a 16° C, su precipitación media anual oscila de 500 a 900 mm, el municipio está conformado por 15 comunidades Ocoatepec, Guadalupe Victoria, Tetemi, Guadalupe (La Candelaria), San Francisco El Mirador, Loma Larga (Oyametita), Tezoquiticpac, El Progreso, Buenos Aires, San Nicolas Contla, Las Lajas, Xochitonal, San Martín, La Parada y Taxtitlán (San Pedro) (INEGI, 2010), su superficie es de 67.524 km, y cuenta con 5077 habitantes (INEGI, 2020).

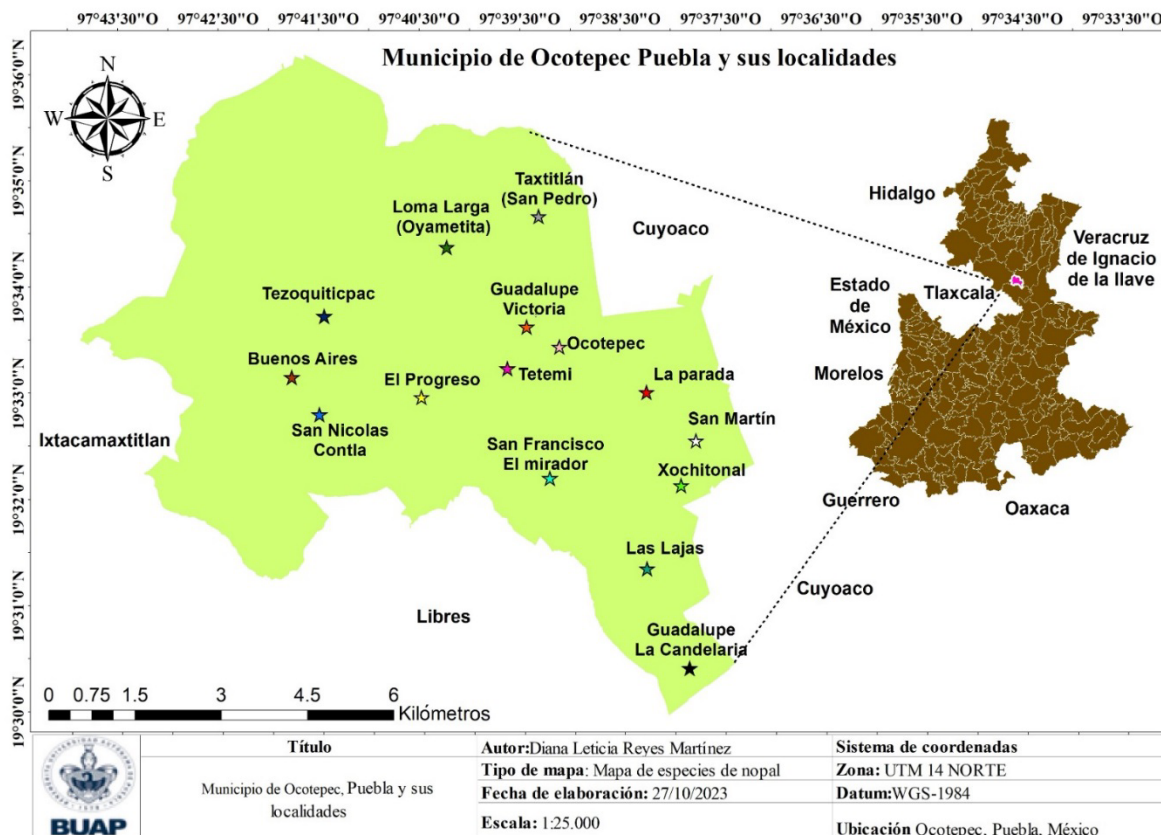


Figura 1. Municipio de Ocoatepec, Puebla.

5.2. Muestreo estratificado

Para el estudio se utilizó un muestreo estratificado con la técnica de encuesta Aguilar-Barojas (2005), los estratos fueron representados por las localidades que conforman el municipio, para este método previamente se realizó un sondeo para saber cuántas familias tenían plantas de nopal en cada una de las localidades del municipio. El sondeo consistió en visitar los hogares de cada localidad que conforman el municipio, y se les preguntó si tenían plantas de nopal, los hogares que confirmaron tener plantas de nopal, se capturó la ubicación con un GPS marca Garmin modelo etrex 10, y se enumeraron en cada comunidad.

Para calcular el tamaño de muestra se utilizó la fórmula de cálculo de muestras finita

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

n= Tamaño de muestra

N= Tamaño d población 386

Z=Nivel de confianza de 90% Z alfa de 1.645

e= Error estadístico máximo aceptado 10%

p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado 50%

q= Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado 50%

El resultado dio un tamaño de muestra de 58 encuestas en total, de 386 hogares que tienen plantas de nopal (población) la cual se distribuyó proporcionalmente a cada localidad (estrato) de las cuales 10 de las 15 localidades se les realizó la investigación debido a que el resto de esas localidades no tenían nopal o no había habitantes (Cuadro 8).

Cuadro 8. Distribución de encuestas en las localidades.

Número	Localidad / estratos	Población	Tamaño de muestra
1	Ocotepec	133	20
2	Tetemi	36	5
3	Guadalupe Victoria	102	15
4	San Francisco el Mirador	61	9
5	El Progreso	21	3
6	San Nicolas Contla	9	1
7	Tezoquiticpac	12	2
8	Loma Larga	5	1
9	Buenos Aires	4	1
10	San Martin	0	0
11	Xochitonal	2	1
12	La Parada	0	0
13	Taxtitlán (San Pedro)	1	0
14	Las Lajas	0	0
15	Guadalupe la Candelaria	0	0
	Total	386	58

Una vez calculado el número de encuestas a realizar, en el programa Excel se utilizó la función =ALEATORIO () * para que el programa seleccionara al azar los números de las muestras de cada estrato.

5.3. Encuesta

Previamente a esta investigación se realizaron 5 encuestas piloto para verificar que las preguntas estuvieran correctamente estructuradas y fueran comprensibles, la encuesta fue conformada por 18 preguntas de las cuales 9 fueron preguntas con opciones y 9 preguntas abiertas (Anexo 1 y 2), las variables analizadas de las encuestas y el tipo de análisis que se utilizó para los datos obtenidos se describen en el siguiente cuadro (Cuadro 9).

Cuadro 9. Variables y tipo de análisis para datos de las encuestas.

Número	Datos	Instrumento de medición	Análisis de datos
1	Demográficos: Género, edad, nivel de estudios y ocupación de encuestados	Encuesta	Distribución de frecuencias con el software Excel y resultados representados en grafica de barras
2	Motivo de conservación de la planta		
3	Manejo agronómico		
4	Consumo de nopal		
5	Frecuencia de consumo de nopal		
6	Origen del nopal consumido		
7	Cantidad de nopal comprado		
8	Producción de nopal		
9	Temporada de producción		
10	Frecuencia de consumo de tuna		
11	Usos del nopal		
12	Usos medicinales		
13	Tratamiento de residuos de poda		
14	Fuente de adquisición del nopal		
15	Uso forrajero en ganado		
16	Tratamiento como forraje		
17	Asociación de nopal con otras plantas		
18	Edad de la planta		Descriptivos
19	color de flor, color y sabor de tuna		Descriptivos

Durante el estudio 3 hogares sorteados para la encuesta no accedieron a contestar la encuesta, por lo que se volvió a sortear 3 muestras y posteriormente realizarles las encuestas y las mediciones de las plantas.

5.4. Variables cuantitativas y cualitativas

Las variables cuantitativas y cualitativas estudiadas en esta investigación y las clasificaciones morfológicas se consultaron de la literatura “La clasificación para el género *Opuntia*” de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2006), El género *Opuntia* de Jalisco González *et al.* (2001), Graphic handbook for the variety description of cactus pear and xoconostle (*Opuntia spp*) Gallegos-Vázquez *et al.* (2008) y Las cactáceas de México Bravo-Hollis (1978).

Las variables y sus claves, tipos de datos, unidades de medida, así como la técnica utilizada y el programa con el que se analizaron los datos cualitativos se muestran en (Cuadro 10) y los cuantitativos (Cuadro 11) de las variables morfológicas analizadas con el método análisis de componentes principales.

Cuadro 10. Variables morfológicas cualitativas analizadas por la técnica de análisis de componentes principales (PCA).

Tipo de datos	Variables	Clave	Unidades	Instrumento de medición	Programa de análisis de datos	
Cualitativos	Color de brote de nopal	CBN	-			
	Forma de cladodio	FC	-			
	Presencia de tallo	T	-			
	Espinas en tallo	ET	-			
	Forma de espina central	FEC	-			
	Dirección de espina central	DEC	-			
	Forma de espinas radiales	FER	-			
	Dirección de espinas radiales	DER	-			
	Curvatura en espina central	CUEC	-		Clasificación	Software
	Torsión en espina central	TEC	-		morfológica	NTSYSpc
	Torsión en espinas radiales	TER	-		consultada en	Versión
	Fieltro	SF	-		literatura	2.21w
	Forma de aréola	FA	-			
	Color de glóquideas	CG	-			
	Color de espinas radiales	CER	-			
	Color de espina central	CEC	-			
	Color de fieltro	CFIE	-			
	Color de flor	CF	-			
	Color de tuna	CT	-			
	Sabor de tuna	ST	-			

Cuadro 11. Variables morfológicas cuantitativas analizadas por la técnica de análisis de componentes principales (PCA).

Tipo de datos	Variables	Clave	Unidades	Instrumento de medición	Programa de análisis de datos
Cuantitativos	Longitud de cladodio	LC	(cm)	Vernier digital marca	
	Ancho de cladodio	AC	(cm)	Vikye tamaño 150 mm.	
	Grosor de cladodio	GC	(cm)		Software
	Espinas en cladodio	EC	%		NTSYSpc
	Distancia entre aréolas	DA	(cm)	Software	Versión
	Ancho de aréola	AA	(cm)	ImageJ	2.21w
	Longitud de aréola	LA	(cm)	Image	
	Aréolas por serie	AS	-	Processing	
	Serie de aréolas	SA	-	and Analysis	
	Longitud de espinas	LE	(cm)	in Java	
	Espinas por aréola	EA	-		

Se midieron 5 cladodios (muestras) por cada planta caracterizada (accesiones), los criterios de selección de las accesiones fueron en base a las diferencias morfológicas que visualmente se apreciaron en campo y en conjunto con la información proporcionada por el encuestado acerca de las especies que tenían, como edad de la planta, color de tuna, de flor, procedencia de la planta, si la planta era cultivada o silvestre, y si tenían plantas hijas. Para la medición de las muestras (cladodios) se seleccionaron las que estuvieran con menor o ningún daño mecánico o por incidencia de plagas o enfermedades. Para las mediciones morfológicas de las accesiones se pegó una regla de 30 cm a un papel cascarrón blanco con dimensiones de 50 cm largo x 60 cm de ancho se colocó en la parte posterior de cada muestra para la toma de una fotografía con una cámara Canon modelo EOS REBEL T21 EFS 18-135 mm, se tomó fotografías de tuna,

flor, tallo, espinas y la planta completa, después se tomó las coordenadas y la altitud de las accesiones y sus plantas hijas de cada accesión.

Fueron 31 variables analizadas de las cuales se codificaron para su posterior análisis, la variable torsión de espina central (TEC) se eliminó de la matriz porque de las 99 accesiones no se apreció torsión de espina central (TEC) por lo que se analizaron 30 variables.

5.5. Análisis estadístico

Las variables morfológicas se sometieron a una estandarizaron y se realizó un dendrograma utilizando distancia euclidiana y el método de agrupamiento UPGMA, De igual manera con estas variables se realizó un de análisis de componentes principales (PCA), eigen vectores y eigen valores con el programa NTSYSpc Versión 2.21w

5.6. Datos geográficos

Se capturó con un GPS marca Garmin modelo etrex 10 las coordenadas de las accesiones de igual manera, se capturó y contabilizó las plantas hijas de cada accesión y su altitud, posteriormente se realizaron mapas con el programa ArcMap versión 10.8.2 para poder visualizar la distribución de los grupos de las accesiones en el municipio de Ocoatepec.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Distribución plantas de nopal en los hogares

En el municipio se registró 386 hogares con plantas de nopal, y se visualizan en el mapa (Figura 2) donde se aprecia que la mayor parte de familias que tienen nopal se ubican en las localidades de Ocoatepec con 133 hogares, Guadalupe Victoria con 102 hogares, San Francisco el Mirador con 61 hogares y Tetemi con 36. En total se caracterizó 99 plantas de *Opuntia* y se midieron 484 cladodios en las localidades de muestreo, la información proporcionada por las personas encuestadas sobre sus plantas que fueron analizadas, se recopiló que la edad de las plantas oscila de 4 a más de 60 años de edad aproximadamente, algunas personas encuestadas mencionaron la procedencia de sus plantas, comentan que unas plantas son del mismo municipio porque sus abuelos cuando vivían sembraban algunas plantas y las traían del mismo municipio, también otros encuestados mencionaron cuales de sus plantas son provenientes de otros lugares de la república mexicana y del mismo estado de Puebla así como también hubo personas que desconocían la procedencia de algunas de sus plantas, en el mapa (Figura 3) se pueden apreciar distribución de las plantas y su procedencia. El conocimiento acerca de los principales usos del nopal después del comestible, se destaca más la medicina tradicional principalmente para controlar la diabetes, bajar colesterol y triglicéridos, muy pocos habitantes comentaron sobre otros usos como la elaboración de champú y tortillas de nopal. En cuanto al manejo agronómico los encuestados comentaron realizarle poda de formación y encalado. Las fuentes de información donde adquirieron el conocimiento los encuestados fue adquirido de sus padres y abuelos o ambos, la edad de las personas encuestadas osciló de 35 años hasta los 86 años.

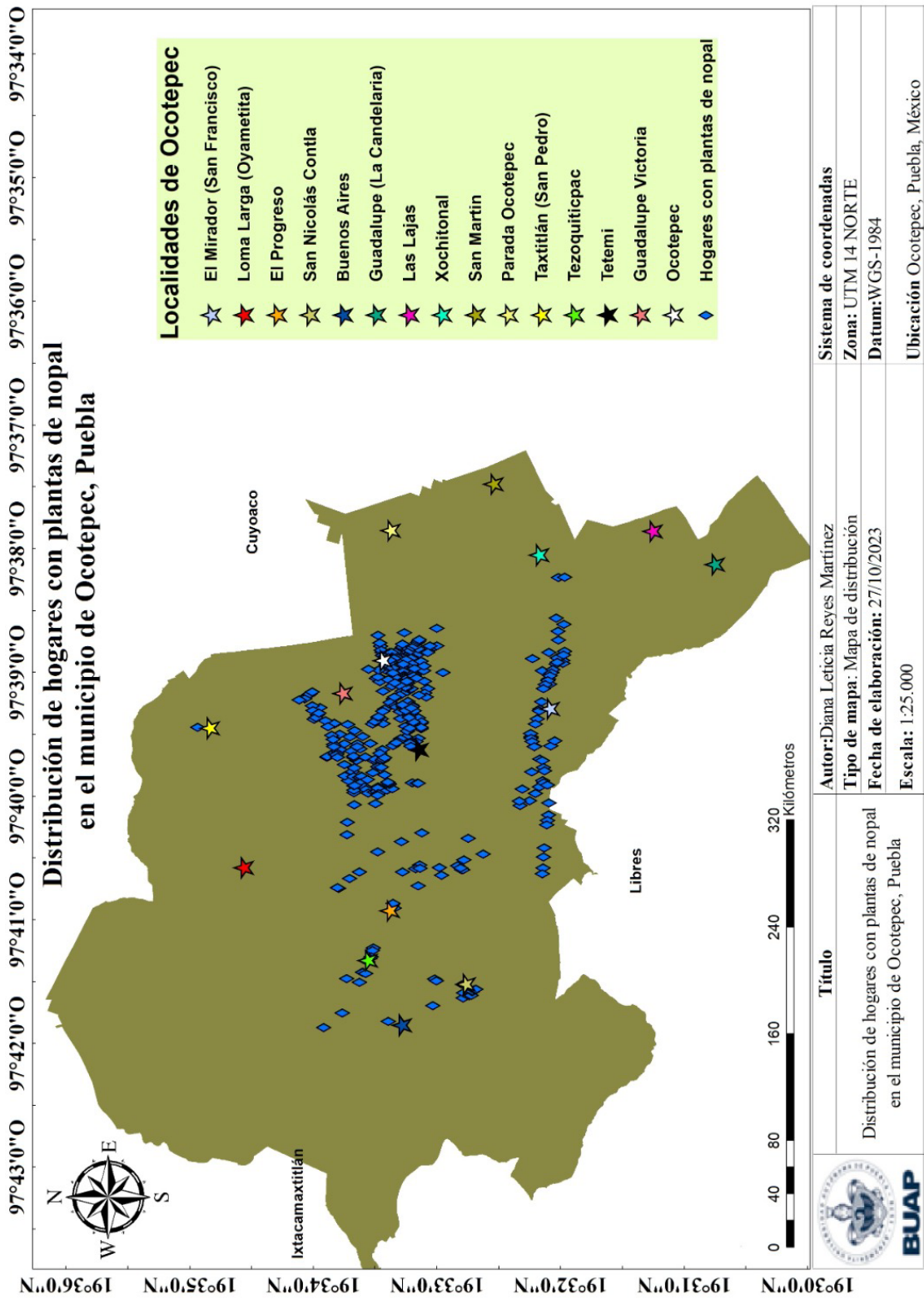


Figura 2. Mapa de los hogares con plantas de nopal en el municipio de Ocotepc, Puebla.

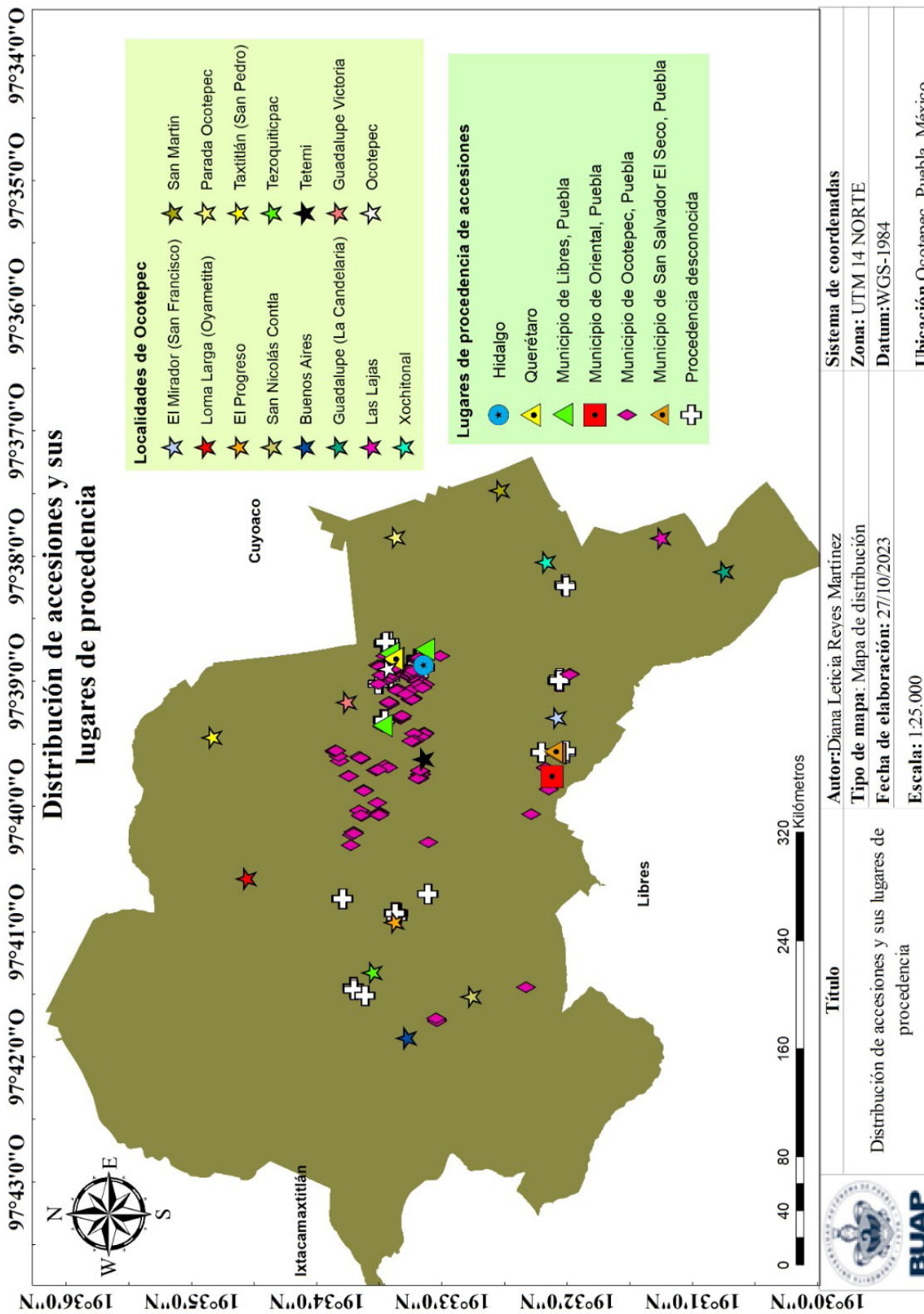


Figura 3. Mapa de distribución de accesiones y sus lugares de procedencia en el municipio de Ocoatepec, Puebla.

6.1.1. Datos demográficos

Podemos apreciar el género y edad en la gráfica (Figura 4), el nivel de estudios y ocupación en la gráfica (Figura 5) de las personas encuestadas, en el género se puede visualizar que la mayor parte de las personas encuestadas fueron del género femenino. En las comunidades de San Nicolas Contla, Buenos Aires, con 100 %, Tetemi con 80 %, y Ocoatepec con 70 % fueron mujeres, Loma Larga, Guadalupe Victoria, y Tezoquiticpac el 50 % fueron hombre y el 50 % mujeres, en las comunidades de San Francisco el Mirador, El Progreso y Xochitonal donde mayoría de encuestados fueron hombres. Podemos apreciar que la mayor parte de encuestados fueron del género femenino, la secretaria de economía (2020) registro que la población total de Ocoatepec en 2020 fue 5,077 habitantes, siendo 52.1 % mujeres y 47.9 % hombres, habiendo 4.2 % más de mujeres que hombres en el municipio.

El rango de edad que más predominó en la mayoría de los encuestados osciló entre 45- 55, las localidades de Buenos Aires, Xochitonal, Tezoquiticpac, San Nicolas, San Francisco el Mirador con el 33%, El Progreso con 75% de los encuestados, el rango de edad 55 a 65 años de edad se registró con el 100 % de los encuestados en las localidades de Loma Larga , San Nicolas Contla, y San Francisco el Mirador con el 33 %, la localidad de Ocoatepec con el 25 % de 55 a 65 años, y con el 25% de encuestados con edad de 75 años en adelante.

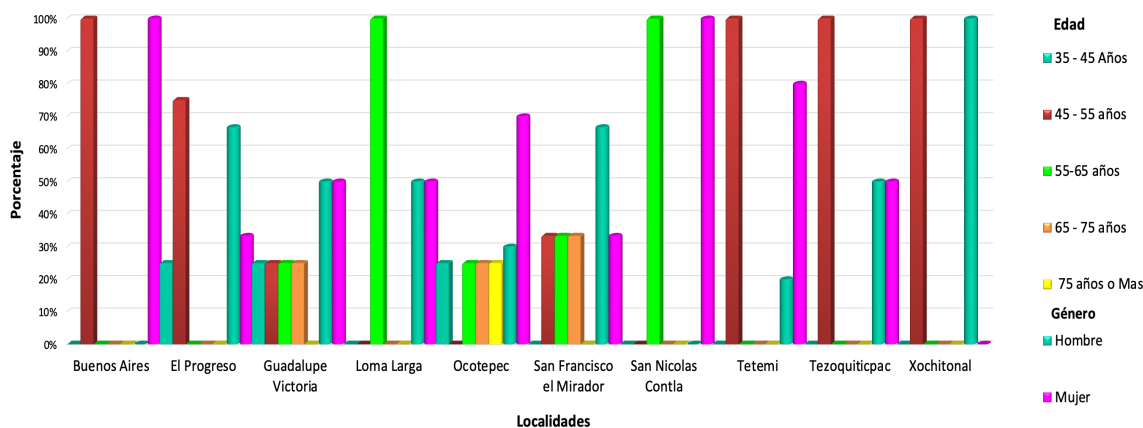


Figura 4. Edad y género de las personas encuestadas en el municipio de Ocoatepec, Puebla.

En cuanto a nivel de estudios en la gráfica (Figura 5) la mayoría de encuestados tenían estudios hasta la primaria en las comunidades de Xochitonal con 100 % , y con 40% hasta 60% en las localidades de El Progreso, Tetemi, Ocotepc, Loma Larga, Tezoquiticpac, San Francisco El Mirador, las localidades que las personas encuestadas tuvieron estudios hasta secundaria en primer lugar esta Buenos Aires con 100% en el segundo lugar queda El Progreso con 65%, Loma Larga y Tezoquiticpac con el 50% de los encuestados con primaria de y los otros 50% con nivel secundaria y las localidades de Guadalupe Victoria, Ocotepc y Tetemi con el 20% de encuestados con nivel secundaria, la Secretaria de economía (2020) reporto que los principales grados académicos de la población de Ocotepc fueron Primaria 1.24k personas o 37.5% del total, Secundaria 1.12k personas o 33.9% del total, siendo el 71.4% de población que tuvo estudios hasta nivel primaria y secundaria, para el nivel Preparatoria o Bachillerato General fue de 628 personas o 19.1% del total.

En San Nicolas Contla con el 100%, Tetemi y San Francisco el Mirador con el 20%, Guadalupe Victoria con el 8% y Ocotepc con 5% de encuestados no tuvo estudios. Guadalupe Victoria el 12 % y en Ocotepc el 10% de los encuestados reportó estudios hasta el bachiller y en Ocotepc el 5% con nivel de licenciatura, en la gráfica (Figura 5) apreciamos que la mayoría de encuestados en las diferentes localidades tuvieron estudios hasta la primaria y secundaria o no tuvieron estudios. En cuanto a ocupación los oficios más sobresalientes fueron ama de casa y agricultor, debido a que la mayoría de encuestados fueron mujeres, el oficio ama de casa se presentó más en las localidades de Buenos Aires y San Nicolas Contla con el 100 % , Tetemi con el 80% , Guadalupe Victoria con 57%, Loma Larga con 50%, Ocotepc y Tezoquiticpac con 50%, El Progreso y San Francisco el Mirador con el 33%, en segundo lugar la ocupación fue de agricultor en , Xochitonal con 100%, San Francisco el Mirador con 56%, Loma Larga y Tezoquiticpac con 50%, El Progreso con 33%, Guadalupe Victoria el 29%, y Ocotepc con 15%, el oficio de albañil El Progreso se presentó con el 33% y San Francisco el Mirador con 11%, para los jubilados se presentó el 20% en Tetemi y 15% en Ocotepc.

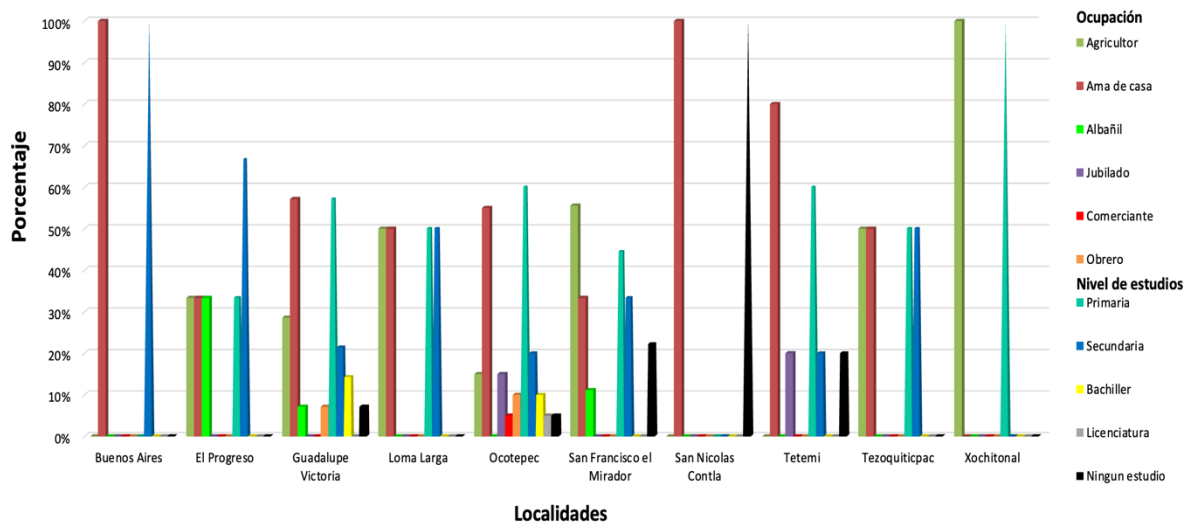


Figura 5. Nivel de estudios y ocupación de las personas encuestadas en el municipio de Ocotepc, Puebla.

6.1.2. Conservación del nopal

El principal motivo de conservación de las plantas de nopal en todas las comunidades (Figura 6) fue el uso comestible con porcentajes de 100% con excepción de la comunidad de El progreso en la que el 67% de los hogares la tenían por consumo y el 33% restante la consumían principalmente por cuestión medicinal, en la localidad de Ocotepc con 84% tiene nopal para consumo, el 5% respondieron tener el nopal para la retención de suelo y el 11 % para consumo medicinal, por lo que se afirma que el uso principal que le dan sus plantas es como alimento complementario aunque algunos encuestados sabían de algunas propiedades medicinales, la mayoría no la consumía para tratamiento de alguna enfermedad debido a que no tienen la información necesaria de como consumirlo para dicho fin, alguna de las respuestas fue “Escuche que es para la diabetes no sé cómo se tenga que preparar o como se tiene que tomar para bajar el azúcar, pero yo me lo cómo” como esta respuesta se obtuvieron respuestas similares, esta falta de información se debe a que los rangos de edad predominante de los encuestados fue de 45 hasta 65 años y su nivel de estudios de la mayoría fue de primaria y secundaria y al no poder acceder a más información sobre el nopal y sus beneficios no pueden darle otros usos a sus plantas, lo que concuerda con González *et al.* (2016) reporto que la gente joven de 18 a 30 años es la que mayor consume esta planta cactácea, debido a que está asociada

al nivel de estudios de licenciatura y estudios técnicos por lo tanto tienen mayor conocimiento de los beneficios del consumo de esta cactácea.

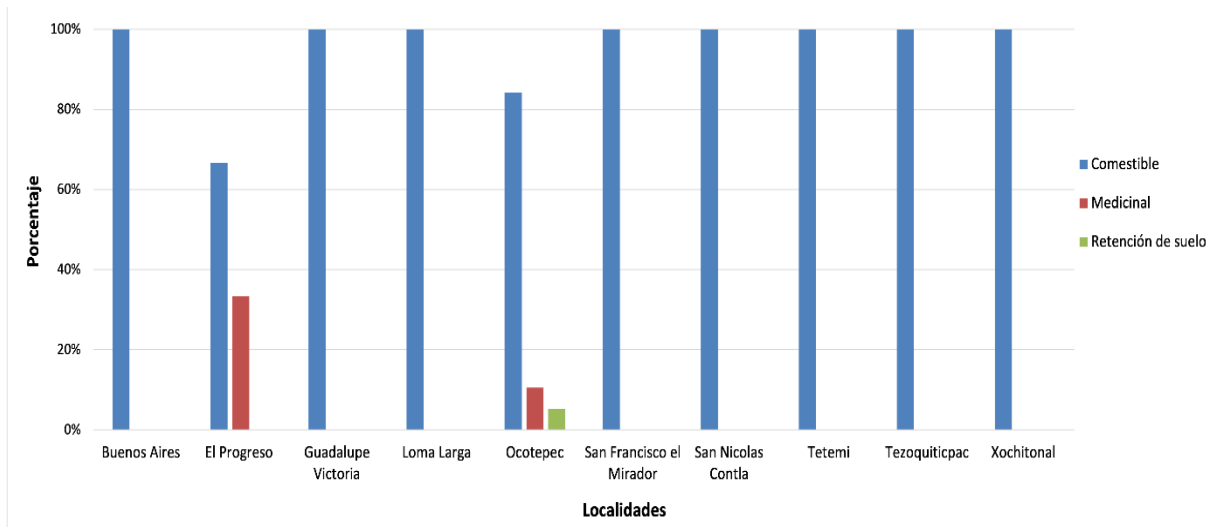


Figura 6. Motivo de conservación del nopal en las localidades del municipio de Ocotepéc, Puebla.

6.1.3. Usos alternativos del nopal

Los encuestados se les pidió que mencionara usos alternativos del nopal que se representa en la gráfica (Figura 7) en el que el uso medicinal fue el más predominante en la mayoría de comunidades como en el caso de Buenos Aires y Xochitonal que el 100 % respondió ese uso porque en sus hogares lo ocupan para la diabetes, con excepción de comunidades como Loma Larga con 100% de retención de suelo, San Nicolás Contla con 100% respondió el uso como lindero y Tezoquiticpac 50% como retención de suelo por lo que al vivir en zonas de laderas siembran nopal para poder retener la tierra como menciona González *et al.* (2016) que la siembra de nopal ayuda a evitar la erosión del terreno y el arrastre de materiales que azolvan presas y obras hidráulicas, reforestar zonas en vías de desertificación, rehabilitar agostaderos, formar cortinas rompevientos o parte de ellas.

En Tezoquiticpac el 50 % restante mencionó el uso textil por el uso de la cochinilla. La cochinilla (*Dactylopius coccus*) conocido en la producción como grana cochinilla, es un insecto parásito cuyas hembras poseen importancia económica desde tiempos precolombinos como fuente de ácido carmínico, un colorante empleado en la industria farmacéutica, textil y alimenticia (CONABIO, 2020).

En Ocoatepec el 5% respondió la elaboración de aglutinante para pintura y para bajar de peso, Guadalupe Victoria el 5% respondió la elaboración de aglutinante para pintura, tortillas y champú, esto se debe a que en estas dos localidades tuvieron estudios de bachillerato y licenciatura y disponen de más información para consultar, Ocoatepec y San Francisco el Mirador el 11% contestó el uso forrajero.

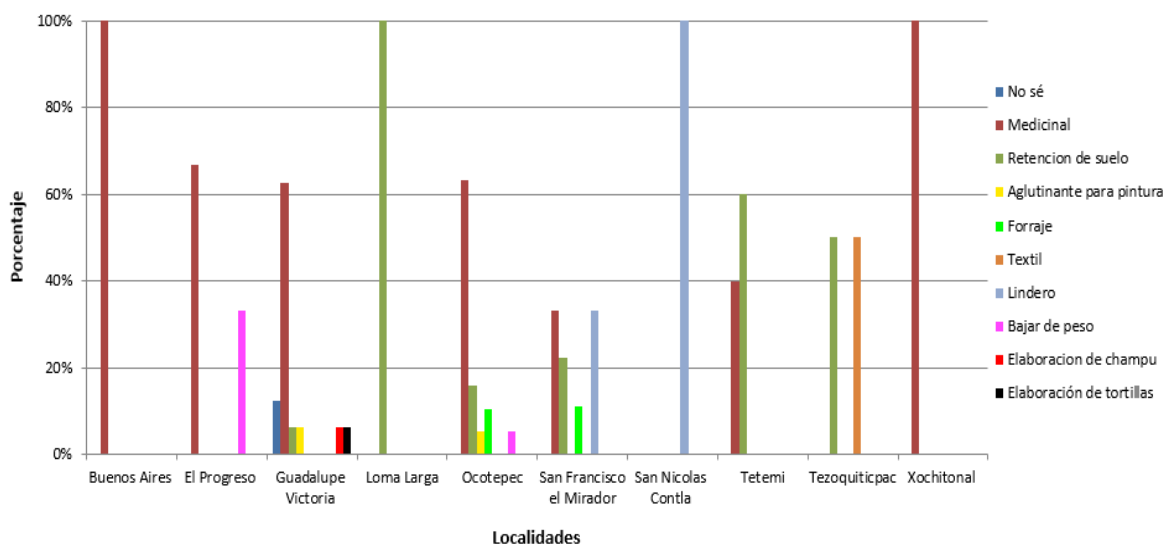


Figura 7. Conocimiento de usos alternativos del nopal en las localidades del municipio de Ocoatepec, Puebla.

6.1.4. Uso medicinal

Se les preguntó a los habitantes si tenían conocimiento en cuanto a las enfermedades que se pueden tratar con el consumo de nopal (Figura 8), la respuesta más predominante fue tratar la diabetes de en las localidades de San Nicolas Contla y Tezoquiticpac con el 100% de respuestas como lo menciona (SADER, 2019) que el nopal además utilizado como alimento dietético, dentro de sus usos, además de alimenticio, se ha destinado, por sus propiedades al uso medicinal como ayudante al control de la diabetes arteriosclerosis y para el control de la obesidad. Por otra parte, las comunidades de Buenos Aires y Loma Larga el 100% respondieron no saber los usos medicinales, otro uso medicinal más común fue en Xochitonal el 100%, Tetemi con 20% y San Francisco el Mirador el 11% de las respuestas fueron que el nopal se puede usar para mejorar la circulación sanguínea, en la comunidad El Progreso el 33 % respondió que sirve para hidratarse, un encuestado comento su experiencia cuando trabajaba en el campo y utilizaba el nopal maduro y lo partía a la mitad para comerse la fibra y el agua que contenía para refrescarse.

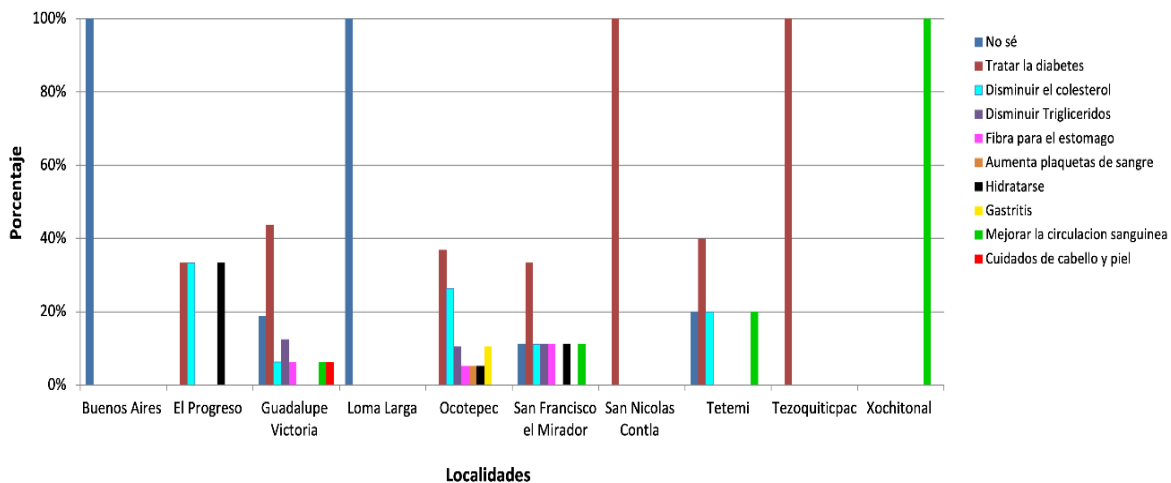


Figura 8. Usos medicinales del nopal en las localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.

6.1.5. Manejo agronómico

En cuanto al manejo agronómico (Figura 9) el porcentaje de habitantes realiza manejo agronómico es bajo, solo en las comunidades de Ocoteppec 68% y San Francisco el Mirador 33 % siendo el porcentaje más alto de podas y encalado, en Buenos Aires 66 %, Loma Larga 30% y San Nicolas Contla el 20% solo realizan poda, comunidades como Xochitonal y El Progreso realizan poda y riego en época de seca, en Tezoquiticpac realizan el 50% de poda y 50% de la población no realiza ningún manejo.

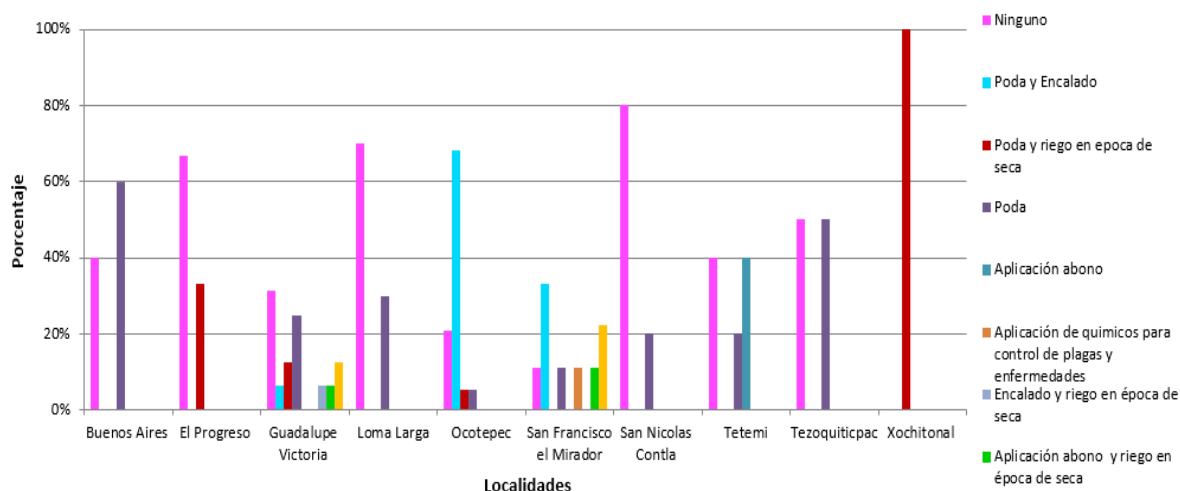


Figura 9. Manejo agronómico del nopal en las localidades del municipio de Ocoteppec, Puebla.

6.1.6. Consumo de nopal y tuna

Los resultados obtenidos en cuanto de nopal verdura a la semana se aprecia en la gráfica (Figura 10) que la mayoría de personas de las localidades respondieron que su frecuencia de consumo es de 3 a 5 veces por semana para las comunidades de Buenos Aires, Loma larga, San Nicolas Contla se aprecia que el 100% de consumo de nopal es en de 3 a 5 veces a la semana, de ahí siguen las comunidades de San Francisco el Mirador con 89%, Tetemi con el 80% de consumo, Ocotepc con 68% y Guadalupe Victoria con 69% y siendo el más bajo la comunidad de El Progreso con 33%, por el contrario las comunidades de Tezoquiticpac y Xochitonal a pesar de realizar podas y riego en época de seca consumen el nopal esporádicamente de 1 a 2 veces al mes debido a que cuando llegaba la temporada de nopal comentan que las aves se comían los nopales y las tunas.

En cuanto a las tunas se les pregunto a los encuestados con qué frecuencia a la semana consumían la tuna cuando era temporada, Loma Larga, Buenos Aires, y San Nicola Contla, respondió el 100 %, Tetemi con 80%, Ocotepc 68%, Guadalupe Victoria el 69%, respondió que la consumían en promedio 3 a 5 veces a la semana, caso contrario de Tezoquiticpac y Xochitonal con el 100% de respuestas que consumen de 1 a 2 veces al mes, a causa de que los pájaros se comen las tunas y casi no pueden cosechar este fruto cuando es temporada. La SADER (2020a) reporta que en México actualmente se registra una tendencia hacia el incremento de la producción de nopal, en gran parte impulsada por los descubrimientos de sus propiedades y al consumo per cápita que es de 6.4 kilogramos.

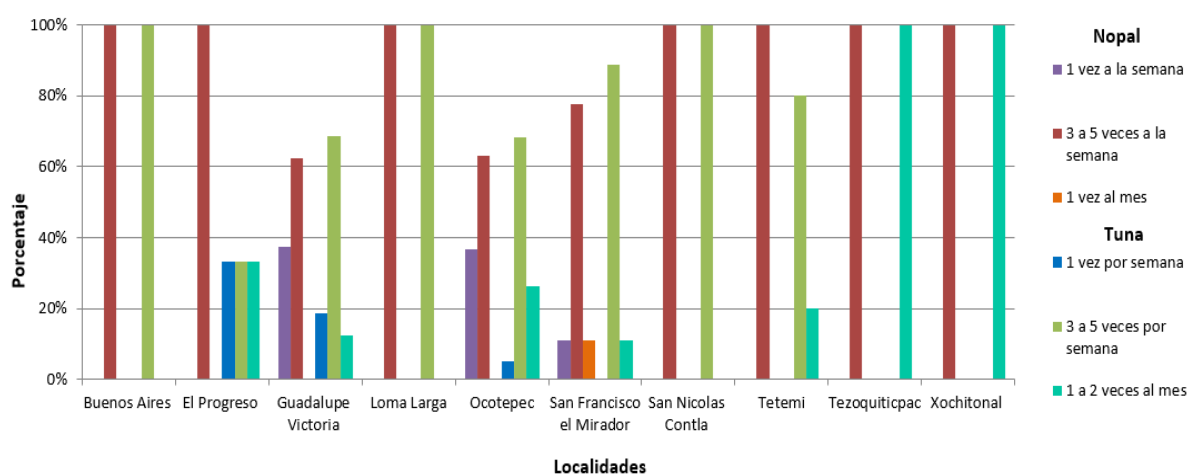


Figura 10. Frecuencia de consumo del nopal y tuna en las localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.

6.1.7. Origen del nopal adquirido

Se les pregunto a las personas de donde adquirirían en nopal que consumían cuando era temporada con el fin de saber si en la gráfica (Figura 11) la comunidad de Xochitonal presenta el 100 % de respuestas que consumen nopal en el mercado y Guadalupe Victoria respondió el 25 % que consumían nopal solo del mercado a pesar de tener plantas que producen en temporada de producción, esto se debió a 2 situaciones, plagas en cuanto insectos y aves que consumen el nopal y dejan dañado el nopal verdura y en sí a la planta. En Loma Larga , Tetemi , San Francisco el Mirador, Ocotepc y Tezoquiticpac, consumen de sus plantas en temporada y compran en el mercado el resto del año, por el contrario tenemos las comunidades de Loma larga, Buenos Aires y San Nicolas Contla que respondieron el 100 % solo consumían de sus plantas, porque no frecuentaban seguido a las comunidades de Ocotepc, Guadalupe Victoria o municipios aledaños para comprar en el mercado ya que son comunidades que dentro del municipio se encuentran retirados y se hacen entre 40 a 50 minutos a pie en bajas a la cabecera del municipio lo cual concuerda con lo reportado por la Secretaría de economía (2020) En Ocotepc, el tiempo promedio de traslado del hogar al trabajo del 72.1% de la población tarda menos de una hora en el traslado, mientras que 8.23% tarda más de 1 hora en llegar a su trabajo.

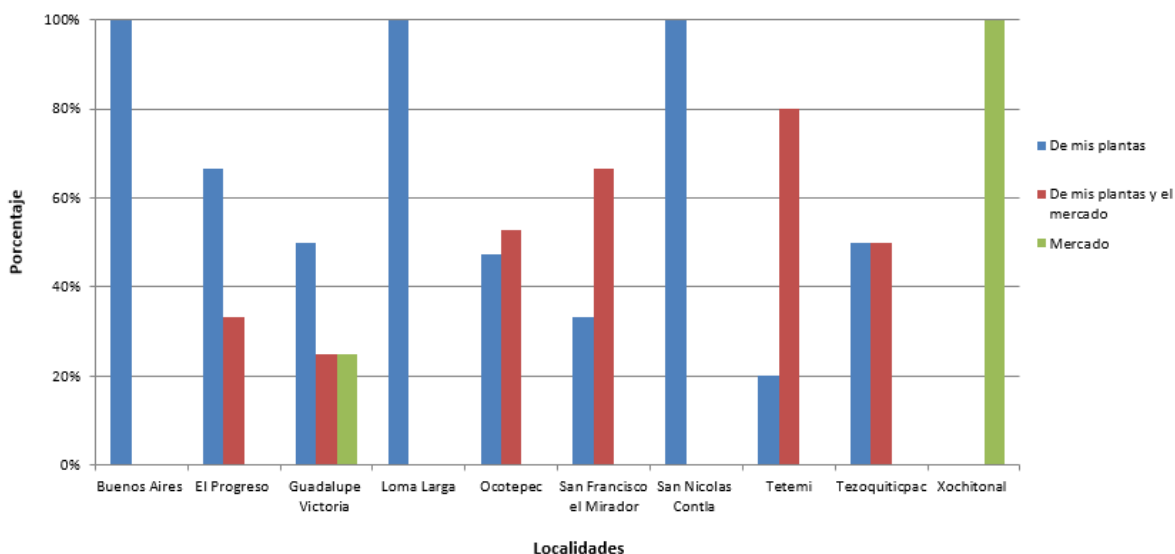


Figura 11. Procedencia del nopal para consumo en localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.

6.1.8. Producción y consumo de nopal

Se preguntó cuántas personas del hogar consumían nopal y cuantos kg de nopal aproximadamente llegaban a comprar en el mercado, en la gráfica (Figura 12) en las comunidades de Buenos Aires el 100%, Tezoquiticpac y Loma Larga el 50%, Tetemi con 40%, Guadalupe Victoria con 36%, Ocotepc con 35%, El Progreso con 33% respondió que de 5 a 6 personas consumen nopal en sus hogares, Tezoquiticpac y Loma Larga el 50% y El Progreso con el 67% respondieron que entre 3 a 4 personas consumen nopal en el hogar, en San Nicolas Contla el 100 % respondió que tienen entre 1 a 2 personas que consumen nopal en su familia, en cuanto a la adquisición de nopal en Buenos Aires, El Progreso, Xochitonal, Tezoquiticpac, y San Nicolas Contla con el 100% de las respuesta fueron que en promedio llegaban a comprar entre 0.5 a 1 kg de nopal en el mercado.

Se pidió a las personas encuestadas que nos respondiera con una aproximación de los kilogramos de nopal que podían cortar a la semana y los meses que duraba la temporada de mayor producción de nopal, las respuestas se visualizan en la gráfica (Figura 13) el corte de nopal a la semana fue de más de 2 kg de nopal en las comunidades con los siguientes porcentajes, Buenos Aires 100%, Loma Larga 100%, San Nicolas Contla 100%, Tetemi 80%, El Progreso 67%, San Francisco el Mirador 56%, Guadalupe Victoria 50%, Tezoquiticpac 50% y Ocotepc con 30% , los cortes a la semana de 1.5 a 2 kg fue en Xochitonal con 100%, Ocotepc con 45%, Guadalupe Victoria 43%, El Progreso con 33%, Tetemi con el 20% y San Francisco el Mirador con 11%, esto indica que en las comunidades de Ocotepc las personas que tienen plantas de nopal cortan entre 1,5 kg o más de 2 kg aproximadamente cuando es temporada de nopal, en contraste con González *et al.* (2016) que refiere en su investigación la temporalidad del consumo de nopal el 64 % de personas compran nopal para preparar un platillo en una fiesta o evento, el 22% al final de la quincena, el 8% como parte de su dieta para la cuaresma y el 6% restante adquiere el nopal por alguna oferta, estos resultados puede explicarse por el nivel económico del municipio, la mayoría de sus habitantes están en situación de pobreza moderada, la Secretaría de Economía (2020) reporto que las principales carencias sociales de Ocotepc en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, rezago educativo y carencia por acceso a la alimentación, en materia economía el 55% de la población se encontraba en

situación de pobreza moderada y 11.7% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 26.4%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 2.73%, lo cual explica por qué el nopal es consumido como alimento complementario a la dieta de los habitantes del municipio cuando es temporada de mayor productividad de nopal.

La duración de temporada de producción de nopal más predominante fue de 3 a 2 meses como Loma Larga y Buenos Aires con 100%, y producción de 2 meses de San Nicolas Contla y Xochitonal con 100%, la temporada de producción de 4 meses fue reportada en las localidades de El Progreso y San Francisco el Mirador con 33%, Guadalupe Victoria 21% y Ocoatepec con 10%.

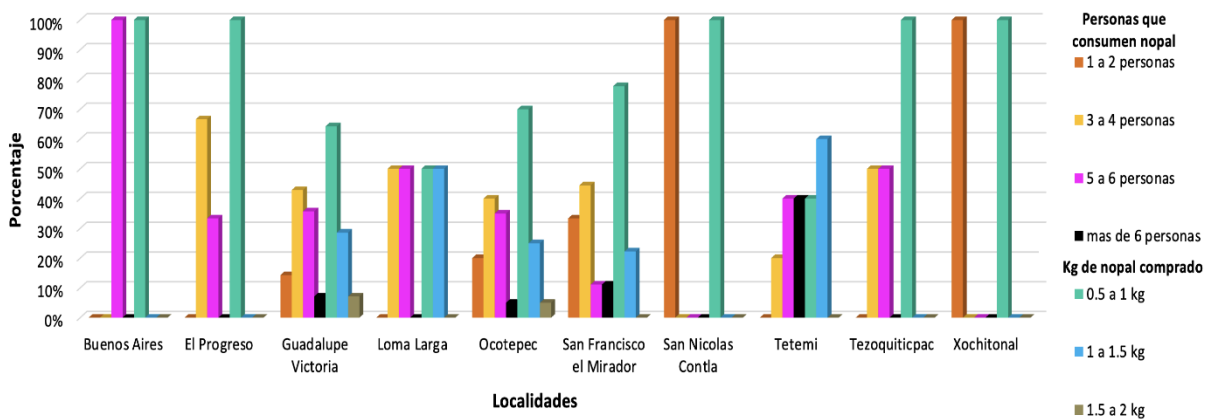


Figura 12. Consumo y adquisición de nopal por hogar.

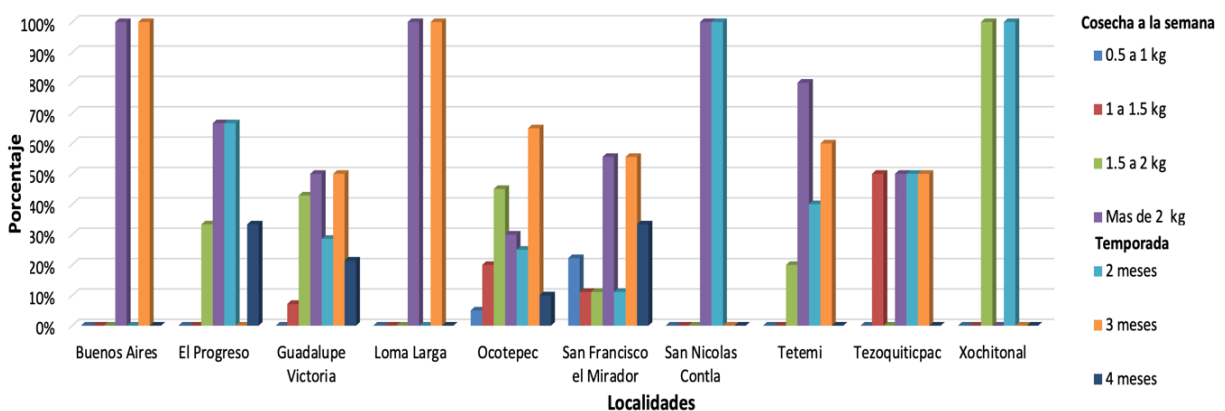


Figura 13. Duración de temporada y kilogramos de cosecha de nopal.

6.1.9. Manejo de residuos de poda

Los habitantes de las comunidades de Buenos Aires, Loma Larga, y San Nicolas Contla el 100% respondió que los residuos de la poda los ocupaban para abono y en la siembra de más plantas, en Xochitonal el 100% respondió que ocupan los residuos para dárselos al ganado, el resto de las comunidades predomino más el utilizar las pencas podadas como abono (Figura 14).

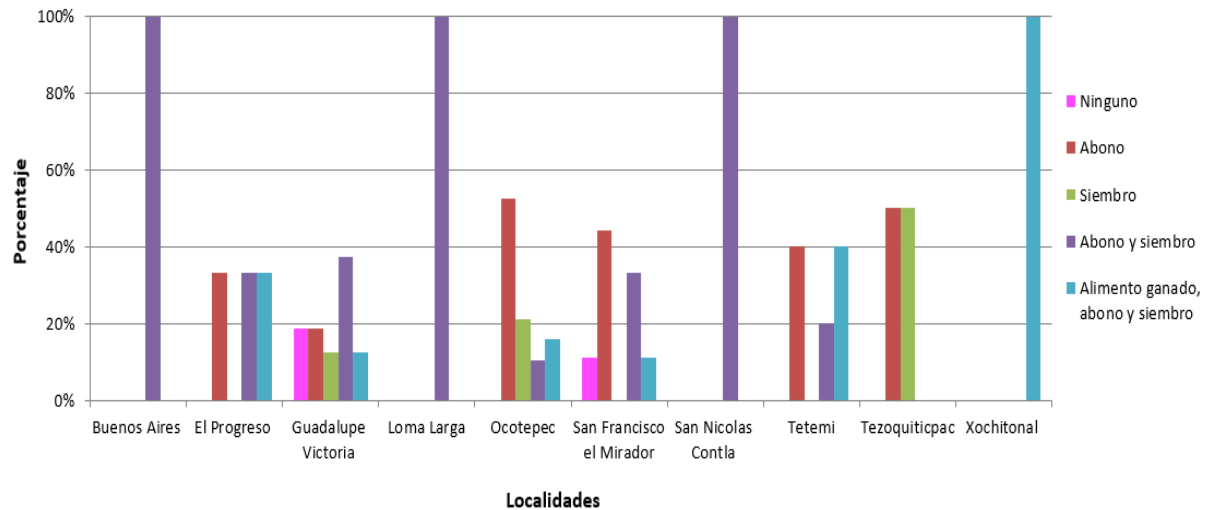


Figura 14. Manejo de residuos de poda del nopal en localidades del municipio de Ocoatepec, Puebla.

6.1.10. Uso forrajero del nopal

El porcentaje de uso forrajero del nopal en las mayoría de las localidades fue muy bajo debido a la falta de información de los habitantes sobre el uso del nopal como forraje en gráfica (Figura 15) con excepción en algunas comunidades que en la gráfica (Figura 16) se muestra el tratamiento que le dan al nopal antes de proporcionárselo al ganado, en la comunidad de Loma Larga proporcionan el nopal sin tratamiento al ganado caprino, en El Progreso el 33% lo dan como complemento al ganado ovino en épocas de verano, y de esas personas el 67 % se lo dan sin tratamiento y 33% se lo dan picado, y en Tezoquiticpac el 20% a ganado ovino y 20 % a ganado caprino, a ambos les proporcionan el nopal sin tratamiento cuando sacan al ganado al pastoreo, y en Xochitonal le dan el nopal picado a las gallinas, algunos encuestados comentaba que lo daban como suplemento para sus animales en época de calor, SADER (2020b) menciona que el nopal puede ser una alternativa como complemento alimenticio para ganado caprino, bovino, ovino y porcino, así como aves de corral y conejos, debido a que constituye una fuente alternativa de forraje muy útil en tiempos de sequía y a que aporta energía digestible, vitaminas y agua al ganado, se calcula que el consumo de 40 kg de nopal por día provee al ganado de 35 litros de agua.

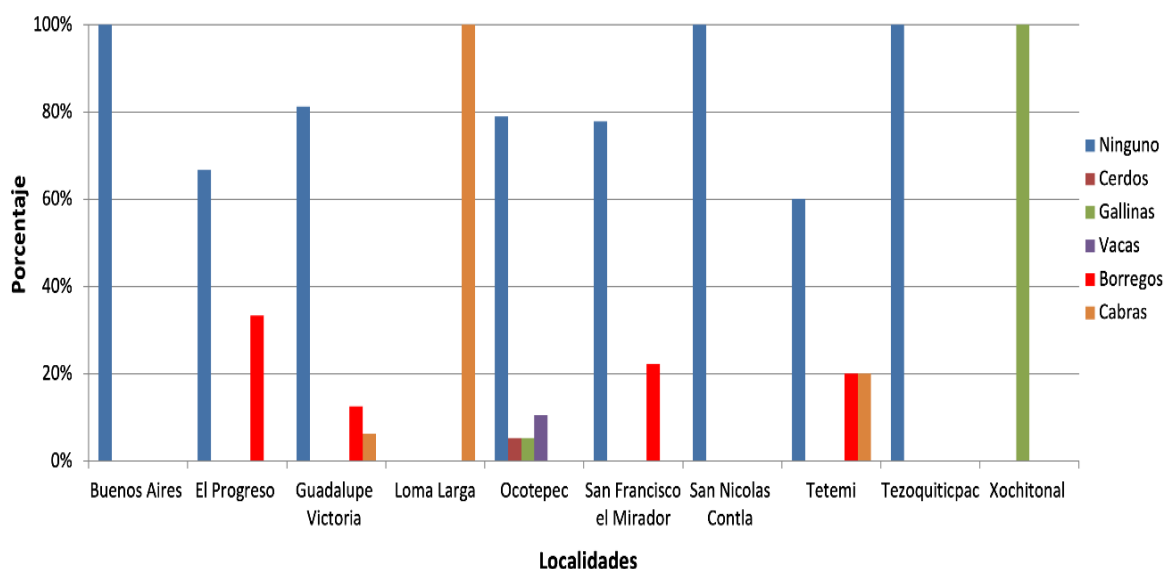


Figura 15. Uso forrajero del nopal en las localidades del municipio de Ocotepéc, Puebla.

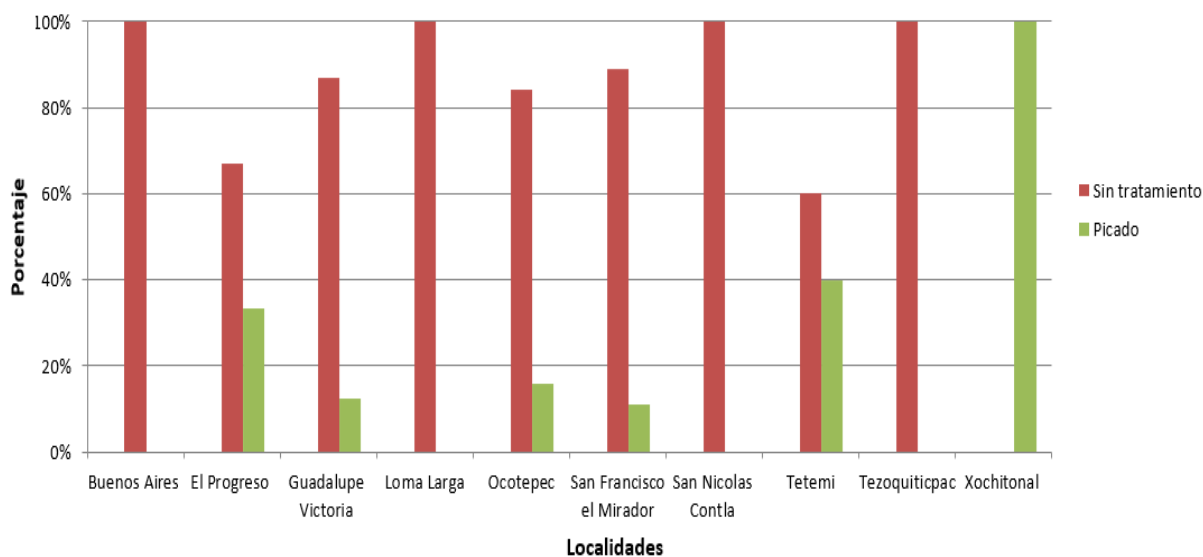


Figura 16. Tratamiento del nopal para forraje en localidades del municipio de Ocotepéc, Puebla.

6.1.11. Asociación de nopal con otra planta

En las comunidades la mayor parte, no tenía sembrado nopal cerca de árboles (Figura 17), y las comunidades como Buenos Aires, Loma Larga, y Xochitonal sembraron nopales entre arboles por 2 razones por el espacio que había entre los árboles y por la humedad que proporciona el nopal, siendo los árboles frutales más predominantes como las manzanas, duraznos y Otros en los que entran arboles como pinos, y plantas ornamentales y en menor porcentaje están los ciruelos y el capulín, en las comunidades de Buenos Aires que tiene arboles de manzanas y Loma Larga con árboles de duraznos reportan que las pencas podadas del nopal le suministran humedad y abono a los árboles que están sembrados cerca del nopal como se pudo visualizar en la gráfica (Figura 15) caso contrario de la localidad de San Nicolás Contla, que no tiene arboles sembrados pero usa las pencas de nopal con el fin de mantener la humedad en las plantas de nopal.

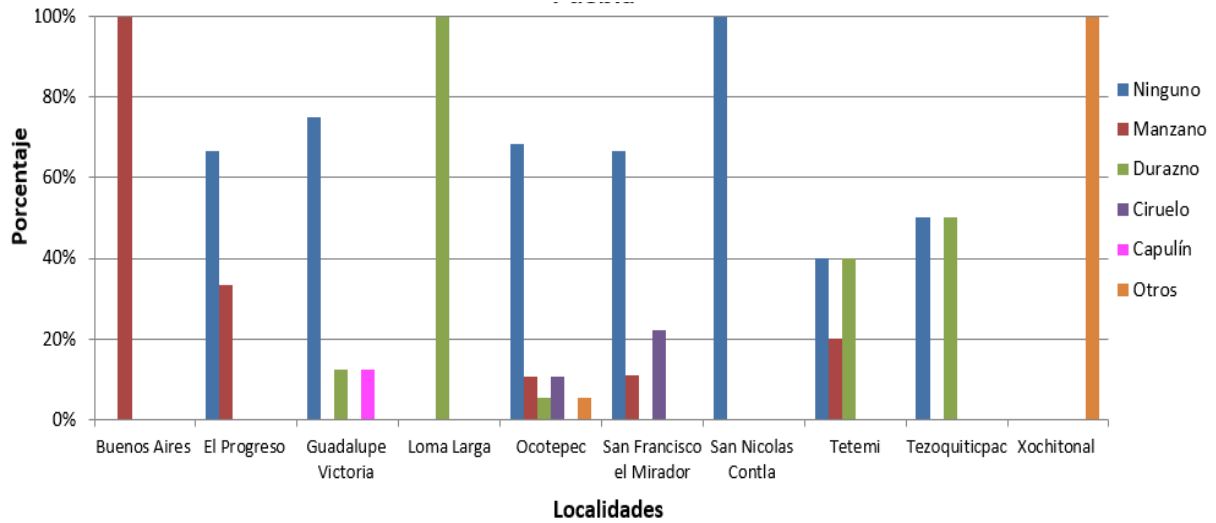


Figura 17. Asociación del nopal con árboles en localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.

6.1.12. Fuente de conocimiento sobre el nopal

Podemos apreciar en la gráfica (Figura 18) que las fuentes de adquisición de información acerca del nopal en cuestión de manejo agronómico y usos potenciales fue más predominantes los conocimientos adquiridos de los abuelos en comunidades de Loma Larga y Xochitonal, los padres, Buenos Aires y Tezoquiticpac y la experiencia propia en la comunidad de San Nicolas Contla.

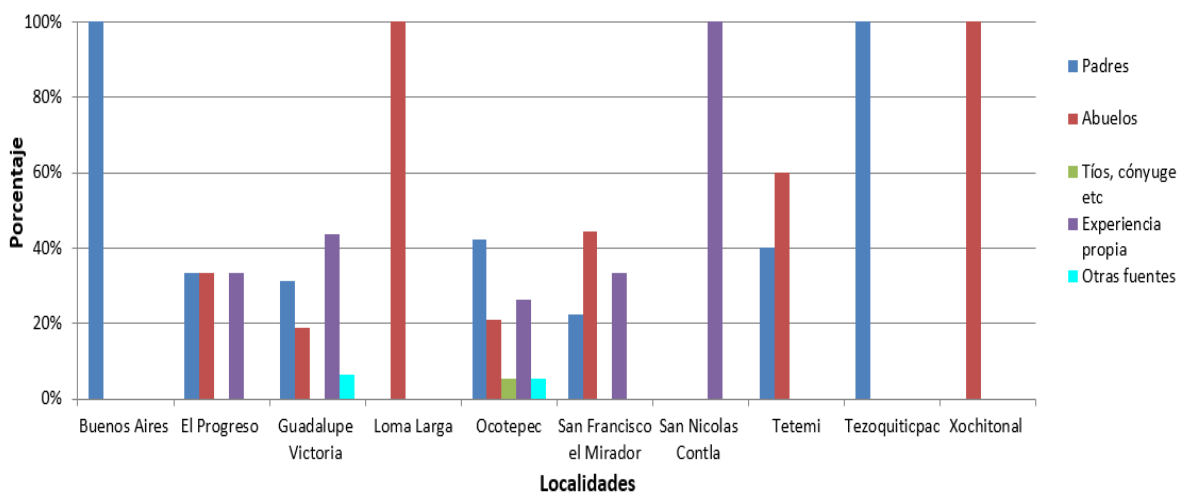


Figura 18. Fuentes de conocimiento sobre el nopal en localidades del municipio de Ocotepc, Puebla.

6.2. Caracterización morfológica de *Opuntia spp*

De acuerdo con los resultados obtenidos en el dendrograma construido a partir de 30 caracteres morfológicos y 99 accesiones de *Opuntia* (Figura 19), tomando un 70 % de similitud, se observa la formación de 6 grupos y 2 accesiones sin agrupar (8 y 48) en el mapa (Figura 20) se visualiza su distribución de los grupos en las diferentes localidades donde se aprecia que la mayor parte de habitantes que conservan plantas de *Opuntias* se encuentran en las localidades de Ocotepc, Guadalupe Victoria y Tetemi, con lo además de apreciar el tipo de vegetación que hay en el municipio (Figura 21) que la mayor parte de plantas de nopal se concentran en la vegetación xerófila y el resto de plantas en el bosque de coníferas y de latifoliadas bosque de mesófilo de montaña, en campo se observó en las comunidades San Francisco El Mirador, Loma Larga (Oyametita), Tezoquiticpac, El Progreso, Buenos Aires y San Nicolas Contla las personas tiene más árboles frutales y coníferas por lo que es una de las razones por la que hay menor cantidad de personas que tienen plantas de nopal. En el mapa (Figura 22) la altitud de las comunidades donde más predominan plantas de *Opuntia* oscila entre 2000 a 3000 msnm, además se describen las características morfológicas de las accesiones que conforman cada grupo, así como el número de plantas hijas distribuidas en el municipio de Ocotepc.

En la ilustración (Anexo 3) se visualizan las formas de cladodio predominantes que se observó en el municipio de Ocotepc, Puebla.

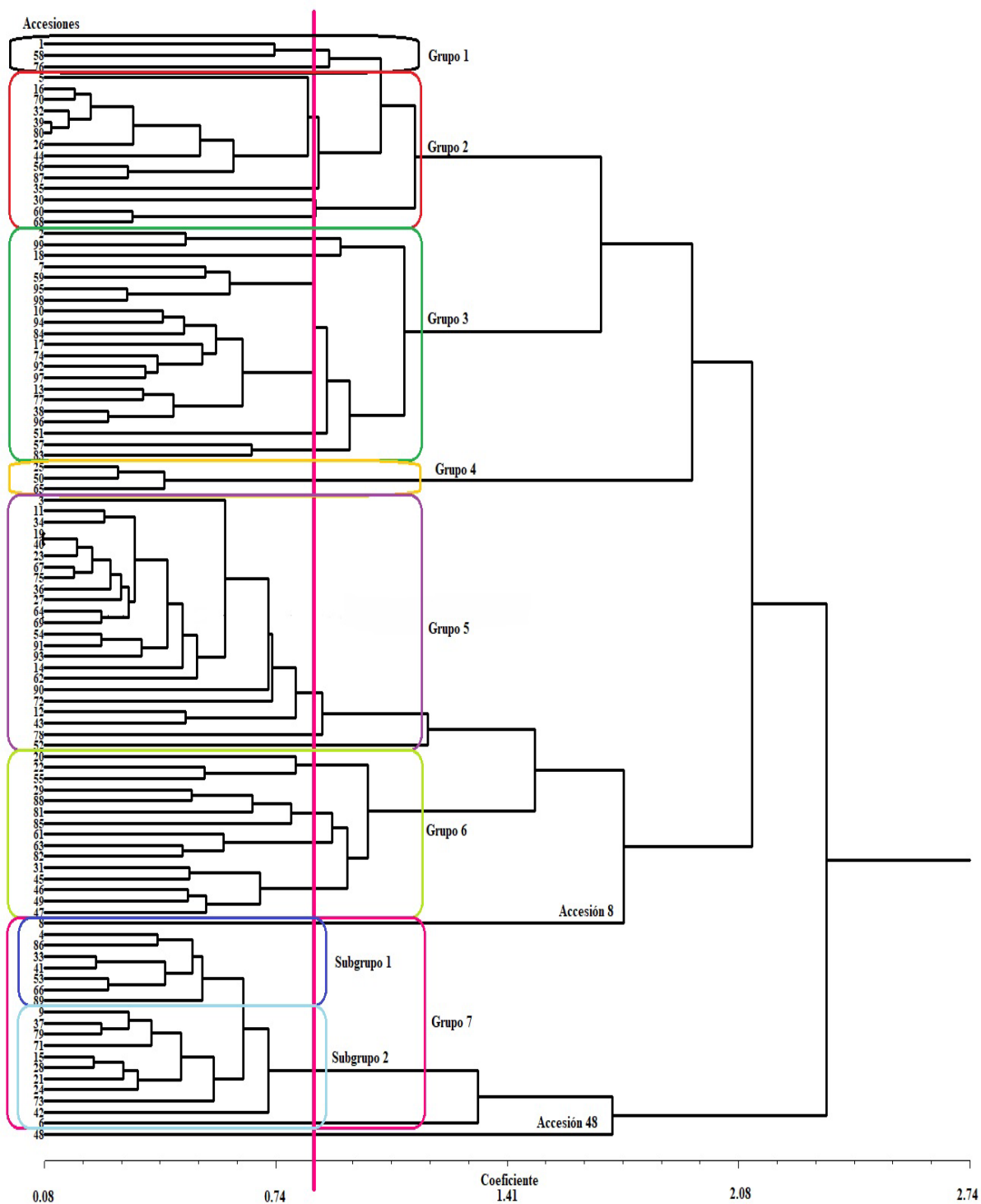


Figura 19. Dendrograma de 99 accesiones de *Opuntia* spp. del municipio de Ocotepc, Puebla con base en 30 caracteres morfológicos, usando la distancia euclidiana y el método de agrupamiento UPGMA.

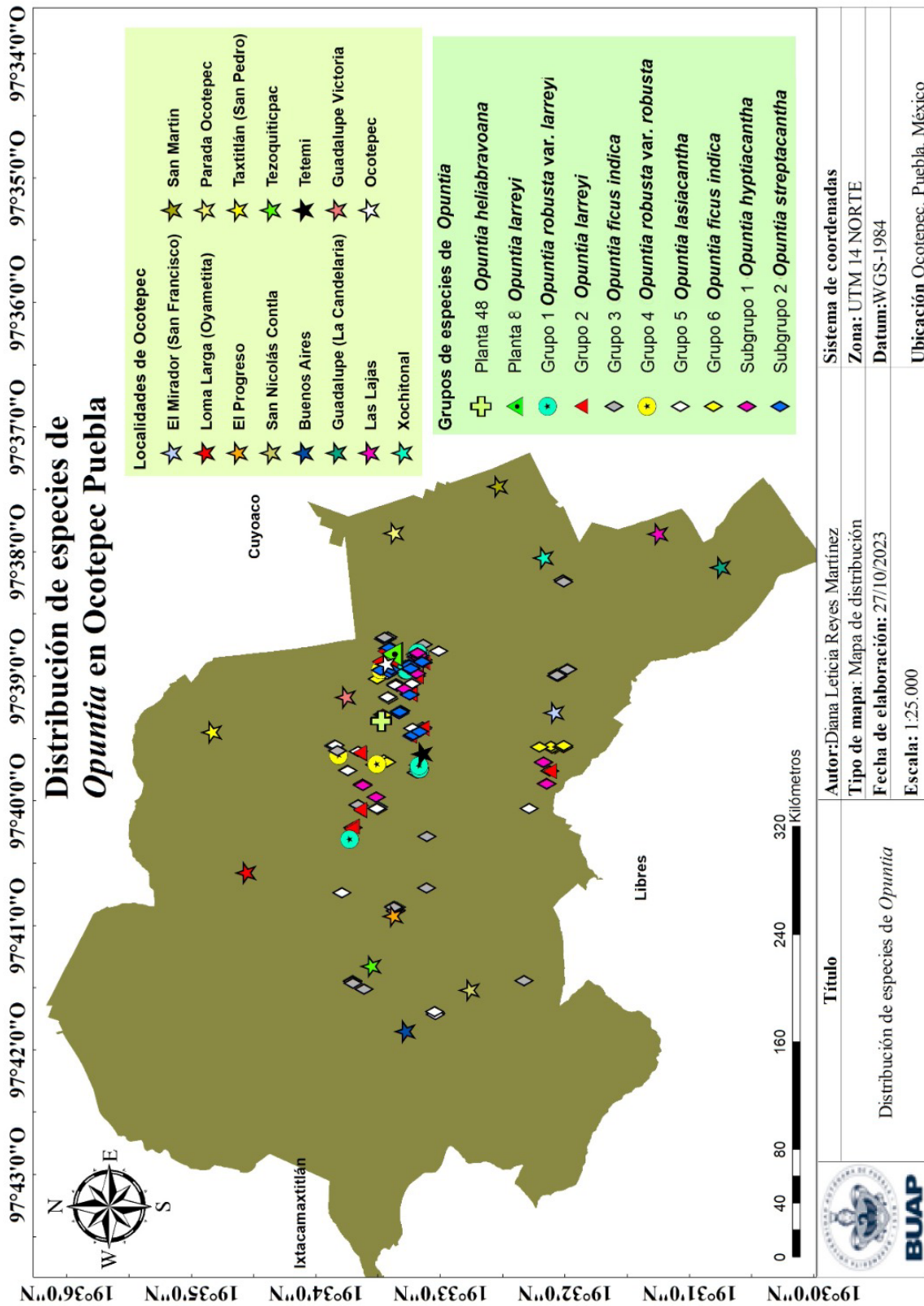


Figura 20. Mapa de distribución de especies de *Opuntia* en Ocototec, Puebla.

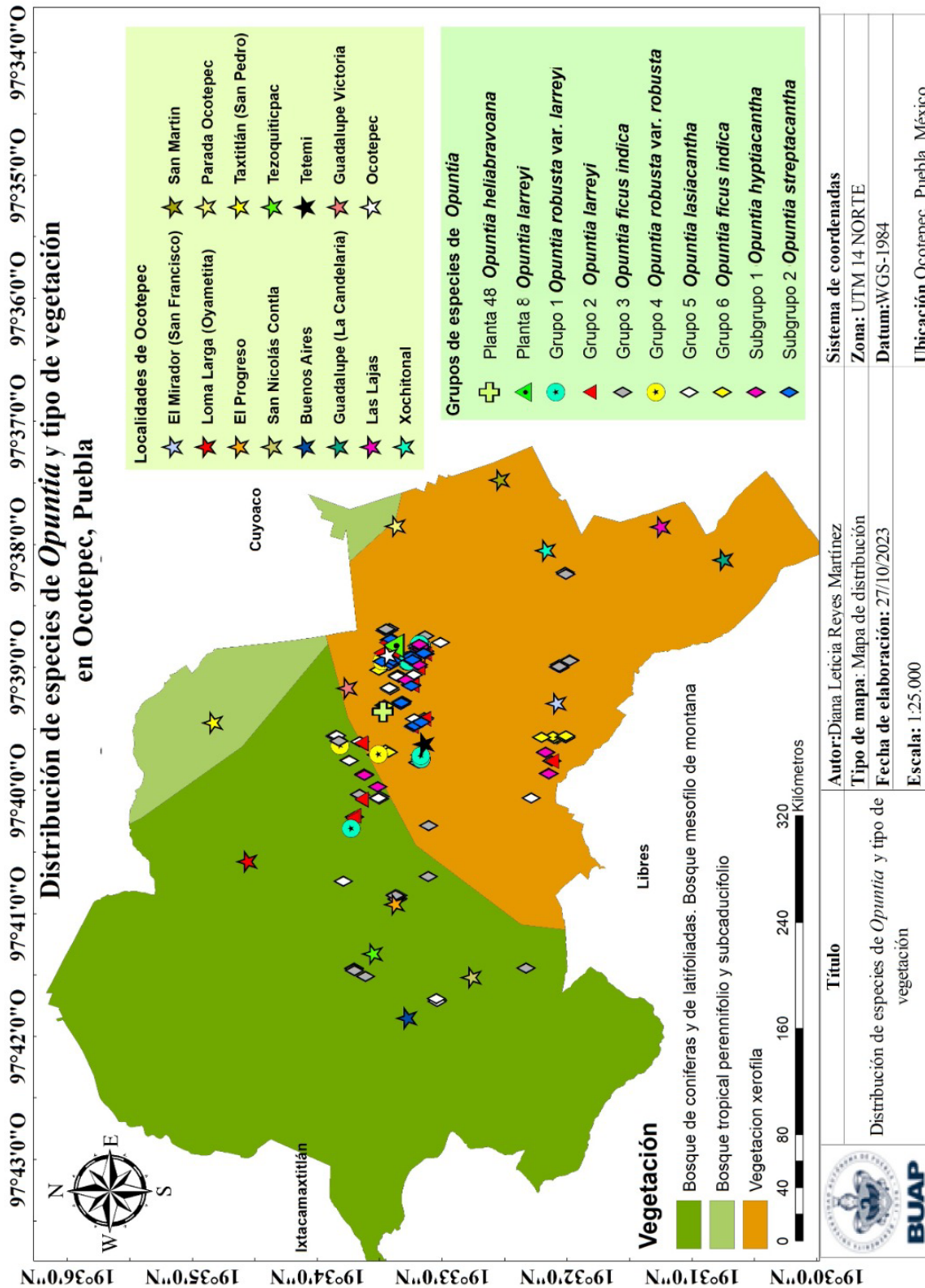


Figura 21. Mapa de grupos de *Opuntia* y tipo de vegetación en Ocoatepec, Puebla.

6.2.1. Grupo 1 especie: *Opuntia robusta* var. *larreyi*

Las características de morfológicas de este grupo (Figura 23) la forma del cladodio predominante fue circular o subcircular en promedio 24 cm de ancho, 29 cm de largo y grosor de 2.24 cm, cladodios jóvenes de color morado o violeta. Aréola forma elíptica estrecha 0.47 cm longitud y ancho de aréola de 0.27 cm, distancia entre aréolas de 3 a 4 cm, de 6 a 7 aréolas por serie, y 8 series de aréola. Fielto color marrón o grisáceo negro, fielto a nivel del cladodio o a veces hundido. Glóquidias de color amarillas o marrón claro. Espinas de 1 a 2 por aréola y escasas, longitud promedio de espina 1cm, color amarillo claro, porte o dirección de espina divergente o porrecta, forma de espina acicular, color de flor amarilla y tuna color violeta, sabor dulce.

Nombre común en el municipio: Tuna taponá.

Usos principales, retención de suelo, colorante para pulque.

La especie *O. robusta*, variedad *larreyi*, Bravo-Hollis (1978) menciona que las espinas en promedio son 3 por aréola, pero generalmente ausentes, aréolas más pequeñas con forma ovadas, de 0.3 a 0.4 cm de largo, mientras que la variedad *guerrana* generalmente los artículos (cladodios) no son mayores de 25 cm de longitud ya que sus artículos y frutos suelen ser más pequeños y por lo general presenta espinas retorcidas de 1 a 6 espinas por aréola.

En el (Cuadro 12) podemos apreciar que la mayoría de la accesión 1 que conforman el grupo 1 se encuentra en la localidad de Ocoatepec, contabilizando la accesión 1 más sus plantas hijas da una suma de 20 plantas que preservan en los hogares de esta localidad.

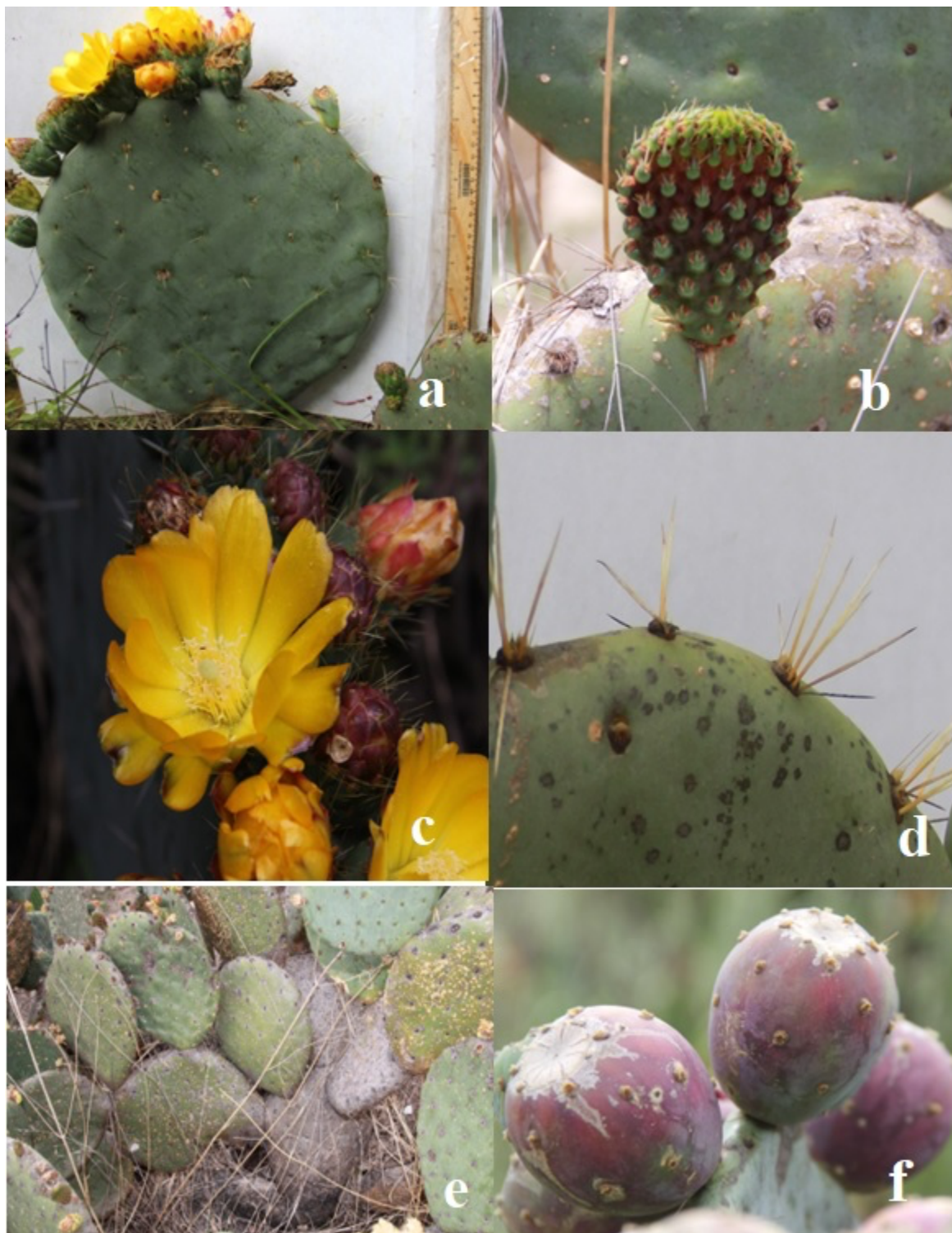


Figura 23. Características morfológicas de *Opuntia robusta* var. *larreyi*; a) cladodio, b) brote de nopal con coloración purpura, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.

Cuadro 12. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 1 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.

Grupo 1	Número de accesión	de Plantas hijas	Ubicación	Plantas contabilizadas por localidad
	1	19	Ocotepec	20
<i>Opuntia Robusta</i>	76	8	Tetemi	9
<i>var. larreyi</i>	58	0	Guadalupe	1
			Victoria	
			Total de plantas	30

6.2.2. Grupo 2 especie: *Opuntia larreyi*

Las características morfológicas de este grupo (Figura 24) la forma del cladodio es circular o subcircular en promedio 24 cm de ancho 32 cm de largo y grosor de 2.4 cm. Aréola forma elíptica ancha - media de 0.25 cm de ancho y 0.44 cm de longitud distantes entre sí 3.8 cm, 6 aréolas por serie y 7 series de aréola. Fielto color marrón o grisáceo negro, fieltro a nivel del cladodio o a veces hundido. Glóquidias de color amarillas o marrón claro. Espinas 1 o 2 de 0.97 cm de longitud y escasas a veces presente en los bordes del cladodio con color amarillo claro o color hueso, porte o dirección de espina porrecta o divergente y forma acicular. Color de flor amarilla, tuna de color violeta, sabor dulce y tallo no se apreció muchas espinas, casi ausente.

Nombre común en el municipio: Tuna de San Juan.

Usos principales: Elaboración de agua de tuna, fruto comestible, retención de suelo, colorante para pulque y forraje.

En el (Cuadro 13) podemos apreciar que la mayoría de las accesiones 5, 16, 26, 30, 32, 35, 39 y 44 que conforman el grupo 2 se encuentra en la localidad de Ocotepec, contabilizando las accesiones más sus plantas hijas da una suma de 38 plantas que preservan en los hogares de esta localidad. Posteriormente la localidad de Guadalupe Victoria se contabilizo 14 plantas, Tetemi con 6 y San Francisco el Mirador se reportó una planta que fue la que se caracterizó.



Figura 24. Características morfológicas de *Opuntia larreyi*; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.

Cuadro 13. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 2 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.

Grupo 2	Número de accesión	Plantas hijas	Ubicación	Plantas contabilizadas por localidad
	16	0		
	5	11		
	26	2		
	30	0	Ocoteppec	38
	32	0		
	35	0		
	39	11		
<i>Opuntia larreyi</i>	44	6		
	56	3	Guadalupe	14
	60	5	Victoria	
	68	3		
	70	2	Tetemi	6
	80	2		
			San Francisco	1
	87	0	el Mirador	
			Total	de 59 plantas

Algunos encuestados comentaron que este nopal puede usarse como forraje debido a que es grueso y jugoso adema de que su característica principal es que la presencia de espinas es escasa, lo cual es una propiedad que ayuda a proporcionárselos directamente al ganado sin algún tratamiento, como menciona Aréchiga (2007) la presencia de espinas es un impedimento serio para la utilización del nopal donde quiera que se encuentre disponible, las espinas se consideran un factor anti nutricional, representa un costo añadido en la utilización del forraje de nopal.

6.2.3. Grupo 3 especie *Opuntia ficus indica*

Las características morfológicas de este grupo (Figura 25) el cladodio presenta formas romboidal- elíptico ancho, medidas en promedio de cladodio de 37.7 cm de largo, 20 cm ancho, y grosor de 2 cm. Aréola forma subcircular u obovada estrecha, en promedio 0.27 cm longitud por 0.16 cm de ancho, 3.3 cm distantes entre sí, 7 aréolas por serie y 8 series de aréola. Fielto color negro o marrón, fieltro hundido, glóquidias de color amarilla o marrón claro. Se observo muy pocas espinas casi ausentes, las apreciaciones de las espinas fueron con color blancas con punta marrón dirección divergente y forma acicular y en promedio su longitud es de 1.02 cm. Color de flor naranja la tuna es de color rojo o de color naranja y el sabor es muy dulce y tallo sin espinas.

Nombre común en el municipio: Nopal.

Usos principales: Comestible como verdura y fruto, retención de suelo y forraje.

Bravo-Hollis (1978) menciona que la especie *Opuntia ficus indica* se caracteriza por tener cladodios grandes, y principalmente espinas ausentes o muy escasas cuando están presentes son pequeñas y blancas sus aréolas son pequeñas angostamente elípticas, de 2 a 4.5 mm de largo, 3 mm de ancho.

En el (Cuadro 14) podemos apreciar que la mayoría de las accesiones 2, 7, 18, 10, 17, 13 y 38 que conforman el grupo 3 se encuentra en la localidad de Ocotepc, contabilizando las accesiones más sus plantas hijas da una suma de 83 plantas que preservan en los hogares de esta localidad. Posteriormente la localidad de Tetemi se contabilizo 27 plantas, y en menor cantidad que se contabilizo en los hogares fueron en las localidades de San Nicolas Contla, Xochitonal y Tezoquiticpac.

En especie *Opuntia ficus indica* Scheinvar (2004) describe que esta especie sus espinas generalmente están ausentes, raramente 1, en pocas aréolas, generalmente en los bordes, blanca v translucida, flexible hasta 1 cm de largo y efímera. Sus frutos son de colores como amarillo, anaranjado, rojo o purpúreo con sabor dulce.

En cuanto a usos de esta especie la autora Scheinvar (2004) señala los usos para a industria farmacéutica en la elaboración de medicinas para controlar la diabetes, el colesterol y el peso corporal, el comestible como verdura y fruta, en elaboración de cosméticos y champú, crema humectante, jabón, mermelada y queso de tuna, así como también el uso forrajero con la cascara y semilla de la tuna como alimento para cerdos

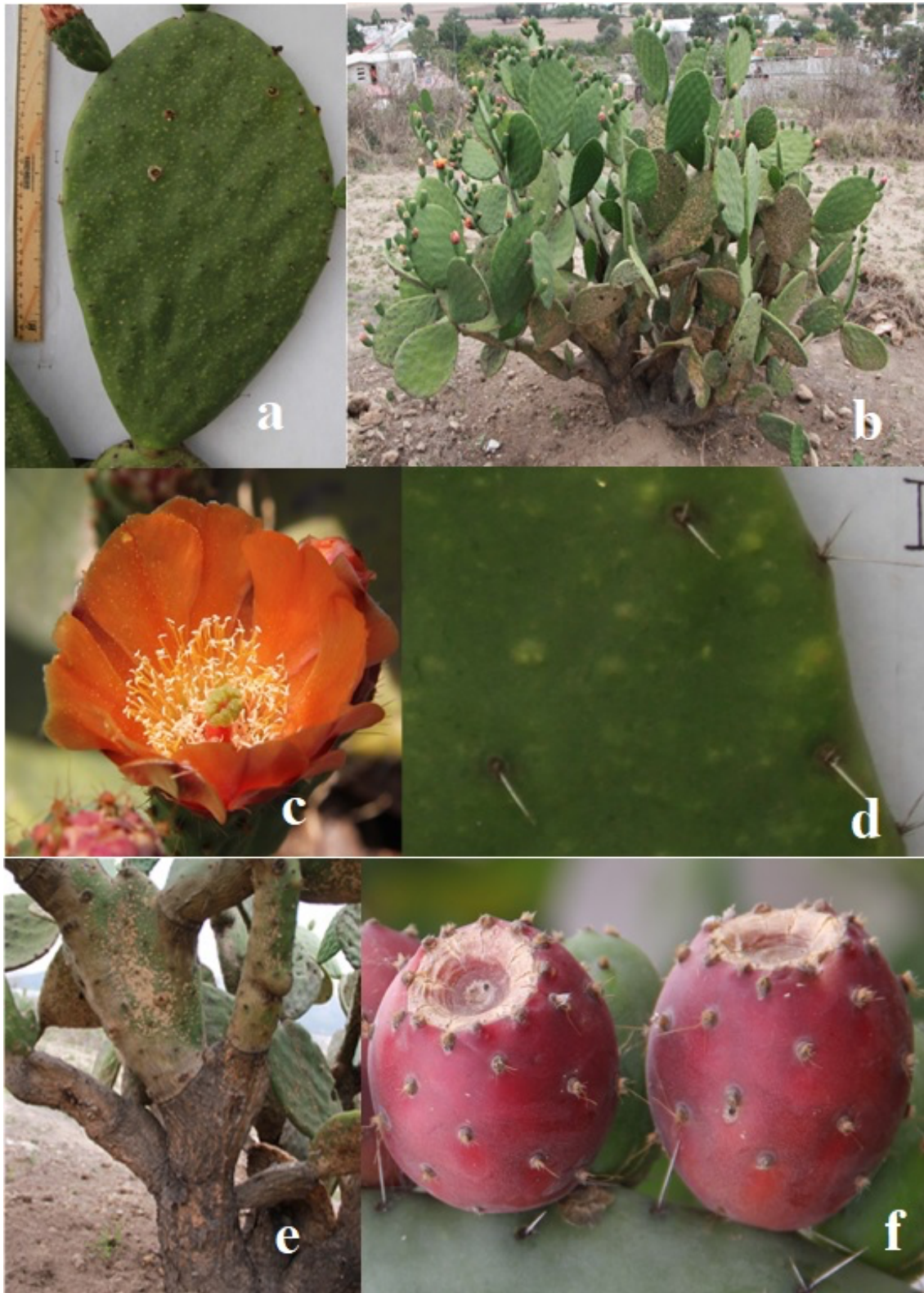


Figura 25. Características morfológicas de *Opuntia ficus indica*; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.

Cuadro 14. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 3 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.

Grupo 3	Número de accesión	de Plantas hijas	Ubicación	Plantas contabilizadas por localidad
	2	50	Ocotepec	83
	7	3		
	18	0		
	10	2		
	17	8		
	13	4		
	38	9		
	59	10	Guadalupe	14
	51	1	Victoria	
	57	0		
<i>Opuntia ficus indica</i>	74	15	Tetemi	27
	77	10		
	83	3	San Francisco	11
	84	6	el Mirador	
			San Nicolas	2
	92	1	Contla	
	97	2	Tezoquiticpac	5
	98	1		
	99	1	Xochitonal	2
	95	0	El Progreso	11
	94	8		
	96	0		
			Total de plantas	155

6.2.4. Grupo 4 especie *Opuntia robusta* var. *robusta*

Las características morfológicas de las plantas (Figura 26) cladodios son de forma subcircular, con medidas de 35 cm largo, 26.5 cm de ancho y 2.8 cm grosor. Aréola forma circular o sub-circular o elíptica ancha, 0.73 cm de longitud, 0.57 ancho, de 7 aréolas por serie y 6 series de aréolas, distantes entre sí 5 cm. Fielto color marrón oscuro fieltro prominente. Glóquidias amarillas, espinas con base amarilla y punta color blanco con longitud de 3 a 3.5 cm, dirección divergente y forma subulada en promedio presentaron 11 espinas por aréola, espinas centrales no se diferenciaron de las radiales. Color de flor amarilla y la tuna color violeta, sabor dulce, color de brote de nopal o cladodio joven morado o color violeta y tallo con espinas.

Nombre común en el municipio: Tuna taponá.

Usos principales: Fruto comestible, lindero, cerca viva, retención de suelo y colorante para pulque.

Bravo-Hollis (1978) menciona que la especie *Opuntia robusta* var. *robusta* sus artículos son orbiculares o algo oblongos, de 25 a 40 cm de longitud o más, muy robustos, aréolas grandes, distantes, espinas vigorosas, de 2 a 12 por aréola y de 5 cm de longitud aproximadamente, de color morenas o amarillentas en la base y blancas hacia la extremidad. Por otro lado, Scheinvar *et al.* (2020) las espinas con forma subulada y divergentes, de 2 a 5 cm de largo y no diferenciadas en radiales y centrales. La Red de Herbarios del noroeste de México (2003) menciona que la *Opuntia robusta* presenta en sus brotes o cladodios jóvenes una coloración morada o violeta.

En campo los habitantes concordaron que algo característico de esta especie es por el tamaño y número de espinas así como el tamaño y color violeta de su tuna que sirve como colorante para el pulque, además comentan que tiene muchas semillas característica por la cual le llaman tuna taponá, información que concuerda con Ávalos-Huerta *et al.* (2013) reportó que los entrevistados coincidieron en que *O. robusta* se distinguía por la abundancia de espinas (“espinoso”) en cladodios y por el color rojo y sabor dulce de sus tunas.

En el (Cuadro 15) podemos apreciar que la mayoría de las accesiones 25, 50 y 65 que conforman el grupo 4 se encuentra en la localidad de Ocoatepec, contabilizando las accesiones más sus plantas hijas da una suma de 3 plantas que preservan en los hogares de esta localidad, en Guadalupe Victoria y Tetemi se contabilizo 1 planta que fue la que se caracterizó.

En cuanto los usos el valor de los frutos (tunas) como alimento, se usa más como fruta fresca de temporada para preparar agua fresca o incluso colonche, bebida fermentada de tunas de origen prehispánico (Jardín botánico de la IBUNAM, s/fb).



Figura 26. Características morfológicas de *Opuntia robusta* var. *robusta*; a) cladodio, b) brote de nopal con coloración purpura, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.

Cuadro 15. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 4 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.

Grupo 4	Número de Plantas hijas		Ubicación	Plantas contabilizadas por localidad
	accesión			
<i>Opuntia</i>	25	2	Ocotepec	3
<i>Robusta</i>			Guadalupe	1
<i>var.</i>	50	0	Victoria	
<i>Robusta</i>	65	0	Tetemi	1
			Total	de 5
			plantas	

6.2.5. Grupo 5 especie *Opuntia lasiacantha*

Las partes morfológicas de las plantas de este grupo (Figura 27) el cladodio con forma aboval medio o elíptico medio, medidas de cladodio de 41 cm largo, 22 cm ancho y 2 cm grosor. Aréola forma elíptico ancho o medio, 0.38 cm longitud, 0.22 cm ancho, 8 aréolas por serie, 10 series de aréola, dispuesta a 3.2 cm entre sí. Fielto color marrón u oscuro, fieltro prominente. Glóquidias color marrón o amarillo, espina blanca con punta marrón a veces amarilla, de 3 o 4 espinas, dirección de espina central porrecta y algunas curvas y forma aciculares. Espinas radiales algunas con torsión y dirección divergentes y forma acicular con longitud de 1.6 cm. Color de flor amarilla o salmón, tuna verde amarillo comúnmente llamada tuna blanca, sabor dulce y tallo sin espinas

Nombre común en el municipio: Nopal charola.

Usos principales: Comestible como verdura y fruto.

En el (Cuadro 16) podemos apreciar que la mayoría de las accesiones 3, 11, 34, 19, 40, 23, 36, 27, 14, 12 y 43 que conforman el grupo 5 se encuentra en la localidad de Ocotepec, contabilizando las accesiones más sus plantas hijas da una suma de 63 plantas y en el (Cuadro 17) Tetemi con las plantas 75, 69, 72 y 78 se registró 32 plantas, y Guadalupe Victoria las plantas 67, 64, 52, 62 y 54 con 31 plantas, estas tres comunidades son las que más preservan esta especie en sus hogares.

Durante la encuesta algunos encuestados hicieron énfasis en que el sabor de esta tuna es muy dulce, y les gustaba cortar tunas de esta planta cuando es temporada, además de que no contenía mucha semilla en comparación con la tuna taponada o de san juan.

Las claves morfológicas para esta especie descritas por Bravo-Hollis (1978) son fieltro prominente aréolas no hundidas distantes entre sí de 2 a 3 cm, cladodios grandes, frutos grandes, dulces, espinas aciculares o subuladas, aréolas con dos o más pelos reflexas o cerdas en la parte inferior de la aréola. Concordando con Scheinvar *et al.* (2020) mencionan que el fieltro o aréola es prominente, fieltro de color marrón o gris y glóquidias amarillas.

Se reconoce principalmente por sus espinas lacias y hacia abajo, fruto muy dulce de color amarillo o a veces se presenta de color rojo, Usos principales son como cerca viva, ornamental y para consumo de nopal verdura y fruto (Jardín botánico de la IBUNAM, s/fa).

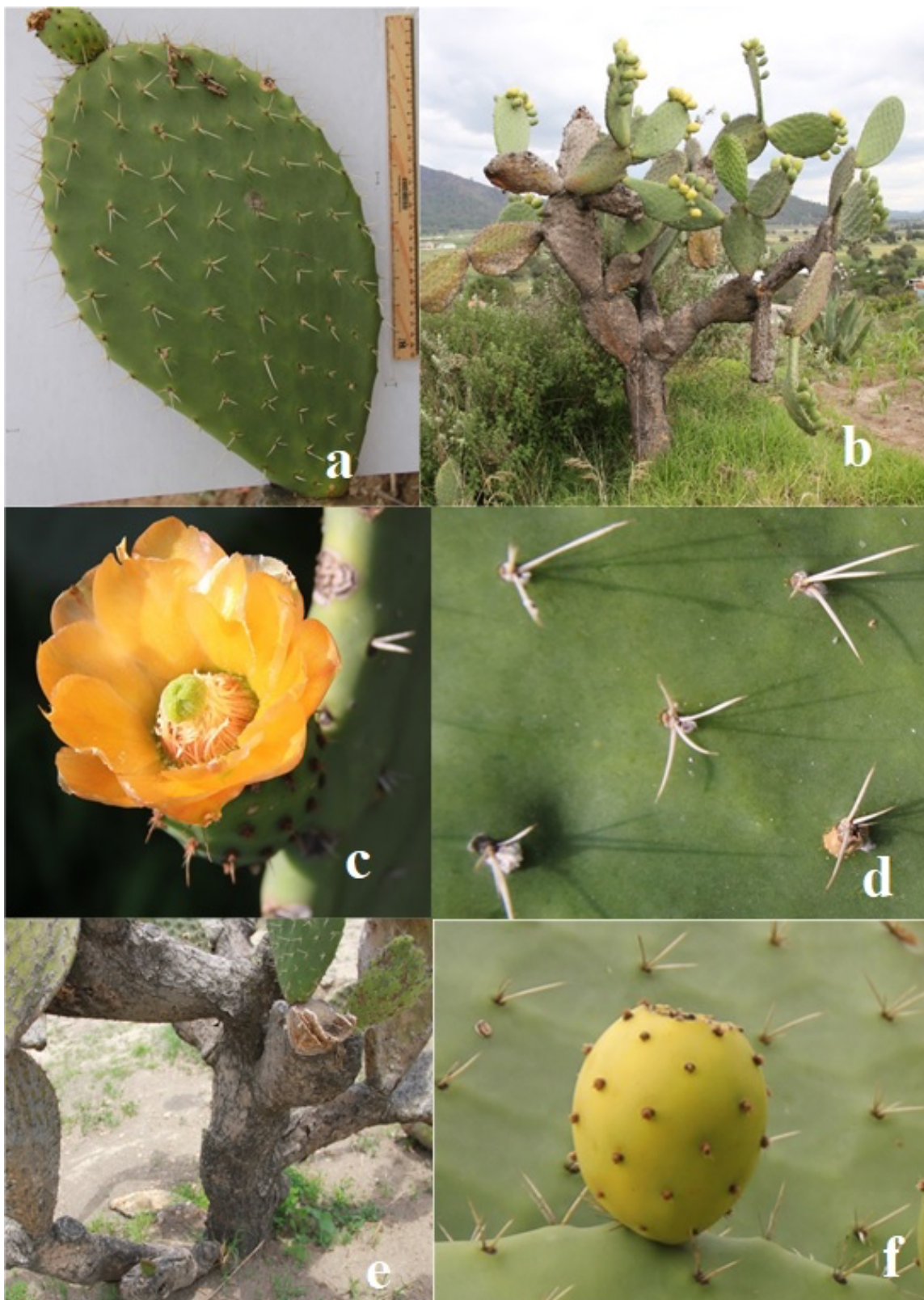


Figura 27. Características morfológicas de *Opuntia lasiacantha*; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.

Cuadro 16. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 5 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión en la localidad de Ocoatepec.

Grupo 5	Número de accesión	de Plantas hijas	Ubicación	Plantas contabilizadas por localidad
	3	0	Ocoatepec	63
	11	8		
	34	5		
	19	2		
	40	5		
<i>Opuntia</i>	23	5		
<i>lasiacantha</i>	36	9		
	27	6		
	14	4		
	12	2		
	43	6		
			Total de plantas	

Cuadro 17. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 5 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión en la localidades.

Grupo 5	Número de accesión	de Plantas hijas	Ubicación	Plantas contabilizadas por localidad
	67	1	Guadalupe	31
	64	6	Victoria	
	54	9		
	52	10		
	62	0		
	75	6	Tetemi	32
<i>Opuntia lasiacantha</i>	69	14		
	72	0		
	78	8		
			San Francisco el	1
	90	0	Mirador	
	93	2	Buenos Aires	3
	91	1	Loma Larga	2
		Total de plantas	132	

6.2.6. Grupo 6 especie *Opuntia ficus indica*

Las características morfológicas de este grupo (Figura 28) el cladodio tiene forma elíptico o romboidal estrecho con medidas en promedio de 39 cm largo, 20 cm ancho y 2 cm de grosor. Aréola con forma circular o subcircular de 0.26 cm longitud y 0.16 cm ancho, 7 aréolas por serie, 9 series de aréola, aréolas dispuestas a 3.3 cm entre sí. Fielto hundido de color marrón oscuro o negro. Glóquidias de color marrón claro u oscuro. Espinas muy escasas las que se apreciaron presentaron de color blanca con punta, dirección de espina divergente y forma acicular con longitud de 1.02 cm. Color de flor amarilla o Salmon y otras plantas con flores naranja y la tuna en algunas plantas produce el fruto de color roja y otras plantas de este grupo de color blanca y su sabor es dulce.

Nombre común en el municipio: Nopal

Usos principales: Comestible para verdura, fruto y uso forrajero.

En el (Cuadro 18) podemos apreciar que la mayoría de las accesiones 88, 81, 85 y 82 que conforman el grupo 6 se encuentra en la localidad de San Francisco el Mirador la planta 81 presento más, plantas hijas, en total registrando 16 plantas en segundo lugar la comunidad de Ocoatepec 20, 22, 29, 31, 45 y 46 se contabilizo 14, y Guadalupe Victoria con 13 plantas.

Cabe señalar que las plantas que conforman este grupo predominan más la forma de cladodio elíptico o romboidal estrecho y de aréola la forma circular o subcircular , tuna de color blanca o roja en contraste con el grupo 3 que el cladodios es más ancho y el color de tuna predominante es roja y naranja, esto se debe a su gran variabilidad, como refiere Scheinvar (2004) la *O. ficus-indica* posee más de 20 formas hortícolas que producen frutos de distintos colores, tamaños y sabores, esta especie es cultivada en prácticamente todo el mundo y se encuentra escapada de cultivo y a veces hasta naturalizada en los países que la cultivan.

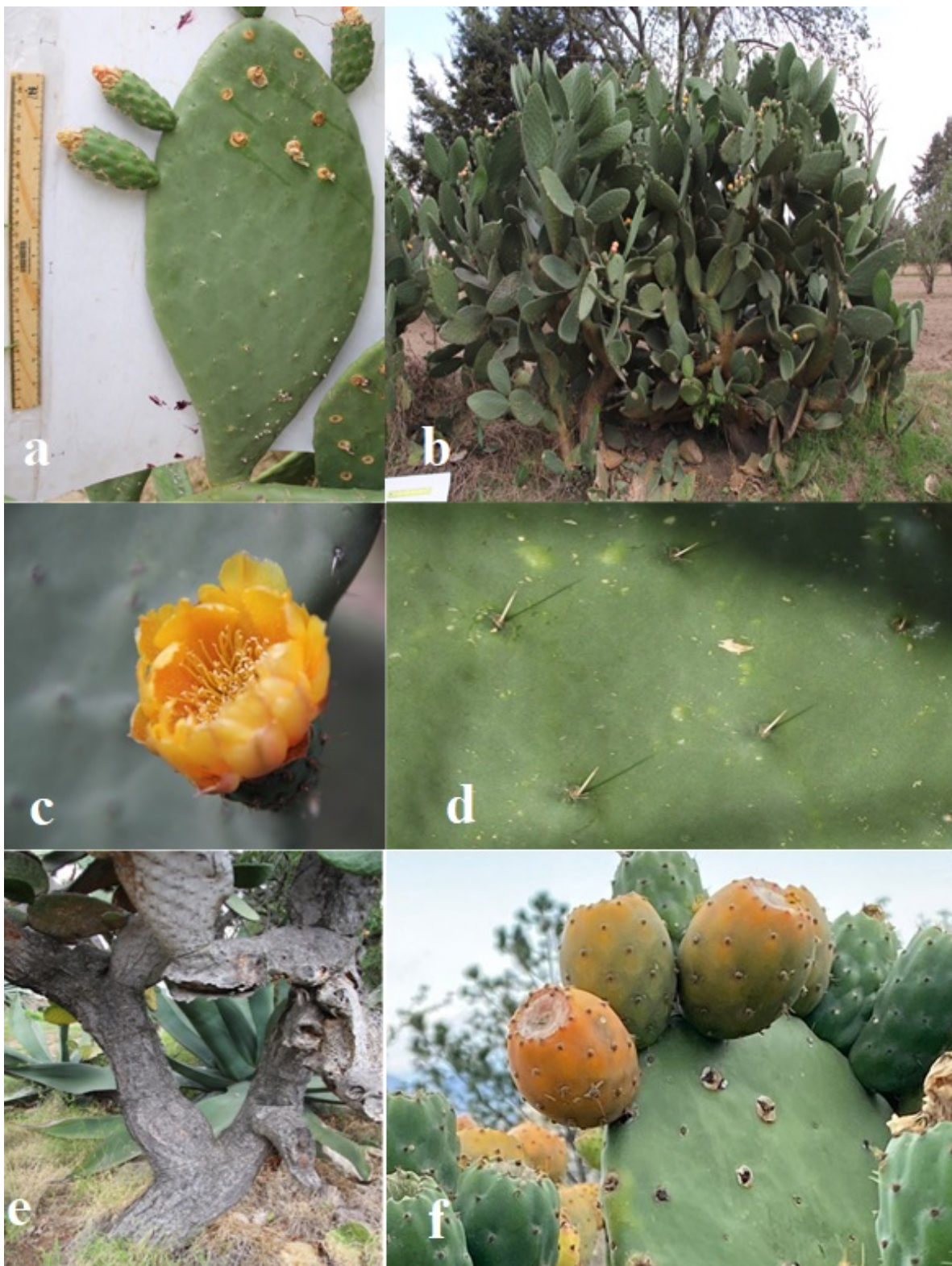


Figura 28. Características morfológicas de *Opuntia ficus indica*; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.

Cuadro 18. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 6 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.

Grupo 6	Número accesión	de Plantas hijas	Ubicación	Plantas contabilizadas por localidad
	20	0	Ocotepec	14
	22	6		
	29	1		
	31	1		
	45	0		
	46	6		
<i>Opuntia indica</i>	<i>ficus</i> 55	3	Guadalupe	13
	61	2	Victoria	
	63	5		
	47	0		
	49	3		
	88	0	San Francisco el	16
	81	12	Mirador	
	85	1		
	82	3		
				Total de plantas

6.2.7. Grupo 7 especie *Opuntia streptacantha* y *Opuntia hyptiacantha*

Las plantas que conforman este grupo morfológicamente tiene mayor similitud en el dendrograma formando un grupo pero se pude visualizar dos subgrupos, en campo, aunque son plantas parecidas morfológicamente se detectó algunas diferencias en cuanto el porte de espina, color de glóquidias y forma de cladodio Bravo-Hollis (1978) reporta que las especies *O. streptacantha*, *O. megacantha* y *O. hyptiacantha* y *O. phaeacantha* pertenecen a la serie streptacanthae, y son especies con numerosas variedades, híbridos y formas hortícolas, lo que dificulta su caracterización.

Por otro lado, González *et al.* (2001) menciona que la especie *Opuntia streptacantha* suele confundirse con *Opuntia hyptiacantha*, pero tienen morfológicamente unas diferencias, la *Opuntia hyptiacantha* tiene glóquidias más evidentes y *Opuntia streptacantha*. (Bravo-Hollis, 1978) *O. hyptiacantha* tiene espinas adpresas al cladodio y aréolas con pelos negros, mientras que *O. streptacantha* las espinas no son muy adpresas.

Scheinvar *et al.* (2020) menciona para las claves *Opuntia streptacantha* la forma predominante que tiene los cladodios son oblongos elípticos, glóquidias color marrón y hace referencia al tipo de espina por su etimología de las palabras griegas *streptos*=torcido o recurado y *akantha*=espina, formas de espinas son curvas y *Opuntia hyptiacantha* de la etimología del griego *hyptios*= dirigido hacia abajo y *akantha*=espina además tiene cladodios de forma abovads o subcircular y aréolas con lana o filtro grisáceo que pasa de color negro con el tiempo y glóquidias rojizas.

6.2.7.1. Subgrupo 1 *Opuntia hyptiacantha*

Este subgrupo sus características morfológicas (Figura 29) son la forma de cladodio abovado ancho o subcircular, medidas de 29 cm largo, 21 cm ancho y 2.34 cm grosor. Aréola forma elíptica ancha o media, 0.36 cm de longitud y 0.22 cm de ancho, 8 aréolas por serie, 9 series de aréolas, dispuestas 3 cm entre sí. Fielto prominente color negro o marrón oscuro- fieltro. Glóquidias color marrón rojizo claro. Espina central amarilla o blanca forma acicular, dirección reflexa hacia abajo, longitud 1.08 cm y en promedio 4 espinas radiales con torción y adpresas al cladodio. Color de flor amarillo y tuna de color rosa intenso, pequeña, sabor dulce.

Nombre común en el municipio: Nopal de alto.

Usos principales: Comestible el fruto pequeño pero muy dulce, y como colorante natural para pulque.

En el (Cuadro 19) podemos apreciar que dentro de este grupo el subgrupo de *Opuntia hyptiacantha* se encuentran agrupados por las accesiones 4, 86, 33, 41, 53, 66, y 89.

La tuna es dulce, comestible, aunque no es comercializada. Sirve para elaborar la "melcocha" (mermelada de tuna), el colonche (jugo de tuna fermentado) y el queso de tuna (ate). Las semillas molidas contienen abundante aceite y proteínas, y se usan para engordar rápidamente a los cerdos. Podrían industrializarse para la alimentación humana (Scheinvar, 2004)

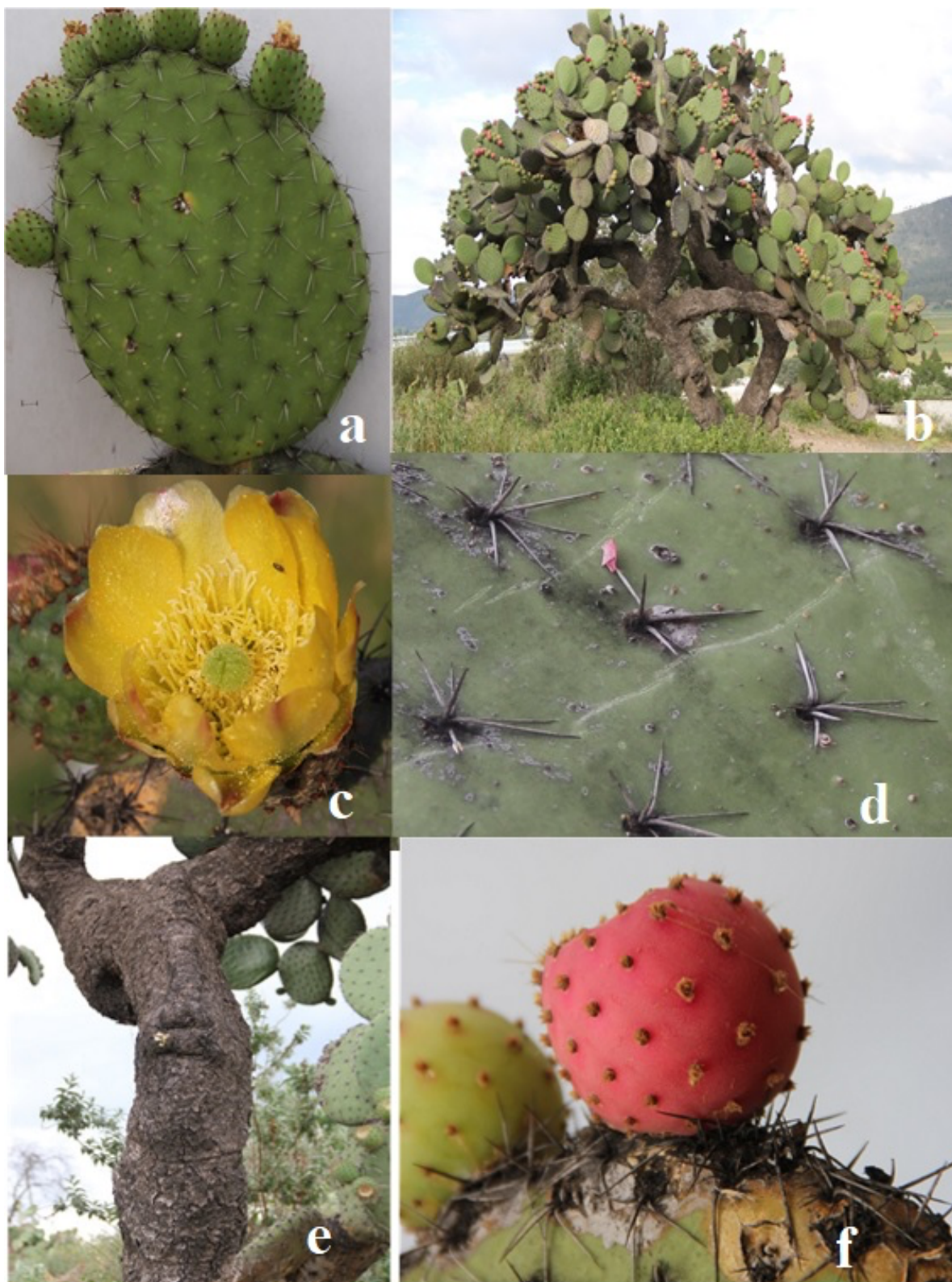


Figura 29. Características morfológicas de *Opuntia hyptiacantha*; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas adpresas al cladodio y hacia abajo, e) tallo, f) fruto.

6.2.7.2. Subgrupo 2 *Opuntia streptacantha*

Las características de morfológicas de las plantas de este grupo (Figura 30) la forma de cladodio abovado ancho- elíptico ancho, medidas de 31 cm largo, 19 cm ancho y 2.31 cm grosor. Aréola forma elíptica media de 0.41 cm de longitud y 0.24 cm de ancho, 8 aréolas por serie, 9 series de aréolas, dispuestas 2.81 cm entre sí. Fieltro prominente color negro o marrón obscuro- fieltro. Glóquidias color marrón rojizo claro. Espina central amarilla o blanca forma acicular, dirección porrecta, longitud 1.08 cm y en promedio 4 espinas radiales con torción y divergentes o algunas reflexas. Color de flor amarillo y tuna de color rojo intenso, sabor dulce. Nombre común en el municipio: Nopal de alto.

Usos principales: Comestible el fruto y verdura, como lindero y retención de suelo.

En el (Cuadro 19) las accesiones que conforman el subgrupo: 9, 37, 79, 71, 15, 28, 21, 24, 73, 42 y 6

Algunos de los usos principales de esta especie son: Frutos dulces comestibles, cladodios para forraje después de haber sido quemadas las espinas, para la industria farmacéutica en la elaboración de pastillas medicinales para el control de diabetes, colesterol y peso corporal, en medicina tradicional, además de su importancia ecológica en la conservación del suelo y equilibrio entre la flora y la fauna (Scheinvar *et al.*, 2020).

Además, el Jardín botánico de la IBUNAM (s/fc) señala otro uso, el jugo de la tuna ya que es un ingrediente central en la preparación de dulces típicos como la melcocha (mezcla de miel y claras de huevo) y el queso de tuna (masa hecha a base de jugo de tuna, rellena de nueces o cacahuates).



Figura 30. Características morfológicas de *Opuntia streptacantha*; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas reflexas, e) tallo, f) fruto.

Cuadro 19. Ubicación de accesiones que conforman el grupo 7 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.

Grupo 7	Número de accesión	de Plantas hijas	Ubicación	Plantas contabilizadas por localidad
<i>Opuntia</i>	4	5	Ocotepec	5
<i>hyptiacantha</i>	33	0		
	41	0		
	53	4	Guadalupe	4
	66	0	Victoria	
	86	1	San Francisco	4
	89	3	el Mirador	
			Total de	13 plantas
<i>Opuntia</i>	9	6	Ocotepec	11
<i>streptacantha</i>	37	1		
	15	1		
	28	2		
	21	0		
	24	0		
	42	0		
	6	1		
	79	3	Tetemi	18
	71	0		
	73	15		
			Total de	29 plantas

6.2.8. Accesiones

En el dendrograma a la altura del corte dos accesiones 8 y 48 su similitud era baja a otros grupos por lo que a continuación se describen las accesiones y se visualizan en (Cuadro 20) su ubicación.

6.2.8.1. Accesoión 8 *Opuntia larreyi*

Para la planta 8 sus características morfológicas son cladodio (Figura 31), forma de cladodio abovado ancho- elíptico ancho, medidas de 43 cm largo, 35 cm ancho y 1.78 cm grosor. Aréola forma elíptica ancha 0.39 cm de longitud, 0.25 cm de ancho, 8 aréolas por serie, 9 series de aréolas, dispuestas 3.39 cm entre sí. Fieltro color marrón oscuro- fieltro a la prominente. glóquidias color marrón claro. Espina central forma subulada y dirección porrecta color amarilla con ligera curva y espinas radiales blancas forma acicular y dirección divergentes y algunas con torción. Color de flor amarillo y color de tuna roja, sabor dulce.

La accesión en el dendrograma está fuera de los grupos formados, posiblemente se debió a que su procedencia es del estado de Querétaro, y presento algunas características morfológicas que difieren de las plantas que son del municipio, una característica que se observó en campo fue que la forma del cladodio predominante fue cordiforme y abovado estrecho.

Nombre común en el municipio: Tuna de san juan



Figura 31. Características morfológicas de *Opuntia larreyi*; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.

6.2.8.2. Accesoión 48 *Opuntia heliabravoana*

Esta planta por sus características morfológicas pertenece a otra especie, su cladodio forma de cladodio Sub-circular, aboval ancho (Figura 32), con medidas de 27.2 cm largo, 21 cm ancho y 2.2 cm grosor, Aréola elíptico medio o estrecho, 0.28 longitud aréola, 0.20 cm ancho de aréola, 9 aréolas por serie, 13 series de aréolas, distantes 2.28 cm entre sí, Fieltro de color marrón oscuro, fieltro hundido y color marrón. Glóquidias: amarilla o marrón claro. Espinas con forma acicular y dirección divergentes o adpresas al cladodio, longitud de espina 1.21 cm, color amarillo de 2 a 3 espinas por aréola y algunas espinas con torción. Tallo ausente. Color de flor amarilla y tuna blanca con sabor acida.

Nombre común en el municipio: Xoconostle.

Usos principales: Comestible el fruto para la elaboración de platillos.

Xoconostle blanco tiene formas de cladodio obovados u subcircular, aréolas hundidas, glóquidias amarillas, espinas de 1 a 2 adpresas al cladodio y frutos chicos y de sabor acido (Scheinvar *et al.*, 2020)

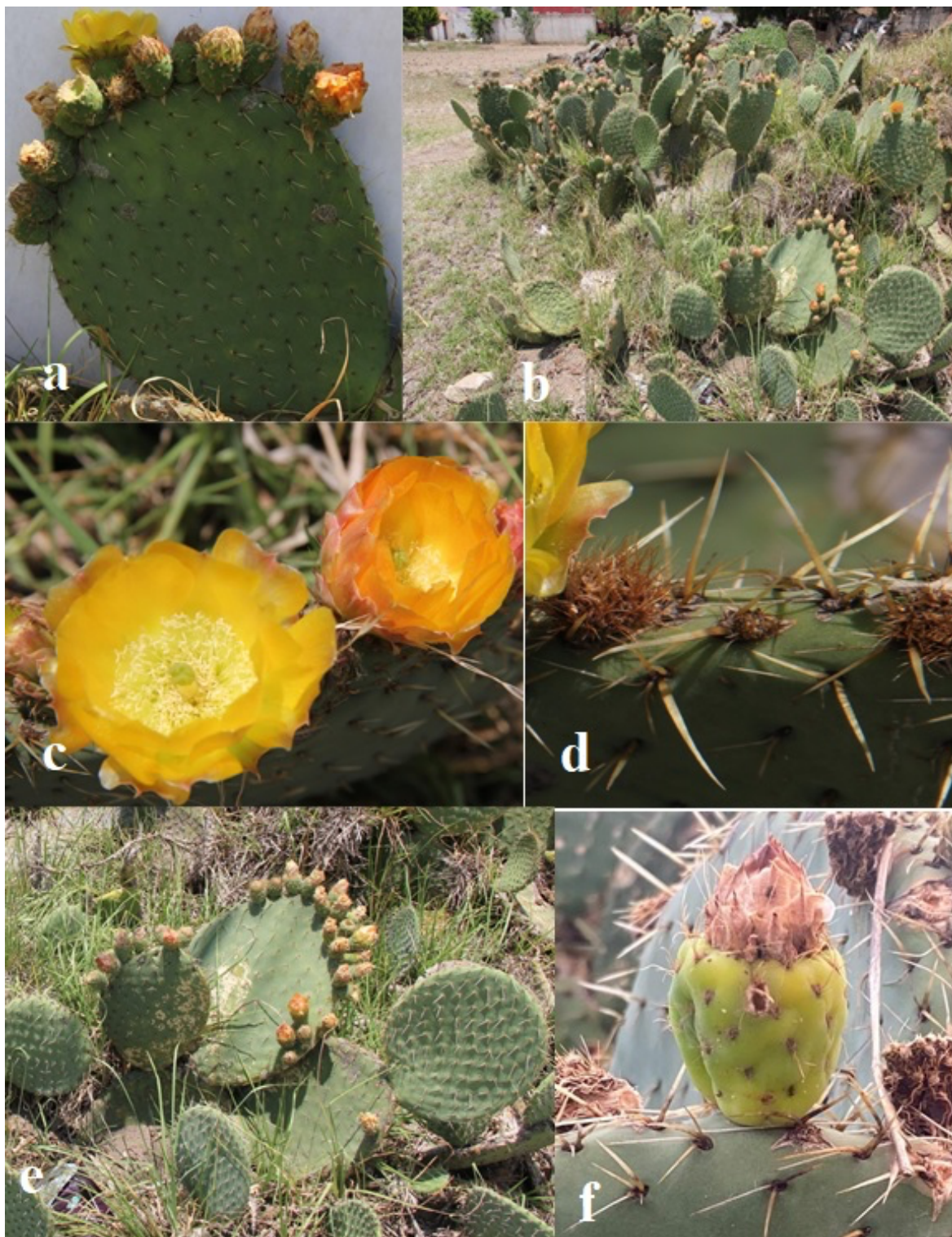


Figura 32. Características morfológicas de *Opuntia heliabravoana*; a) cladodio, b) planta, c) flor, d) espinas, e) tallo, f) fruto.

Cuadro 20. Ubicación de accesiones 8, 48 y número de plantas hijas contabilizadas por cada accesión.

Accesiones	Número de accesión	de	Plantas hijas	Ubicación	Plantas contabilizadas por localidad
<i>Opuntia larreyi</i>	8		6	Ocotepec Guadalupe Victoria	7 5
<i>Opuntia heliastrova</i>	48		4		

6.3. Análisis de componentes principales

En el (Cuadro 21) podemos apreciar que el componente 1 explica el 40.85 % de la variación mientras que el segundo componente se aprecia el 57.75 % de acumulativo, los primeros 10 componentes acumulan el 89.98 % de la variación.

Cuadro 21. Valores propios y proporción de varianza explicada de los 10 primeros componentes principales generados a partir de 30 variables morfológicas y 99 accesiones de *Opuntia spp.*

Componentes	Eigenvalue	Porcentaje	Acumulativo
1	40.44799632	40.8566	40.8566
2	16.72446258	16.8934	57.75
3	9.67043672	9.7681	67.5181
4	4.23750109	4.2803	71.7984
5	4.16888434	4.211	76.0094
6	3.83311458	3.8718	79.8812
7	3.26436431	3.2973	83.1785
8	2.62647673	2.653	85.8316
9	2.23717065	2.2598	88.0913
10	1.87755455	1.8965	89.9878

En el (Cuadro 22) se muestran las variables más sobresaliente de cada componente, en el componente 1 las variables más dominantes fue espinas en tallo (ET), color de espina radial (CER), color de espina central (CEC), forma de espina central (FEC), curvatura de espina central (CUEC), torción de espina radial (TER), color de glóquidias (CG), superficie de fieltro (SF), porcentaje de espinas en cladodio (EC) y números de aréolas por serie (AS), y para el componente 2, las variables más dominantes fueron color de brote de nopal (CBN), ancho de aréola (AA), longitud de aréola (LA), longitud de espinas (LE) y espinas por aréola (EA).

Cuadro 22. Eligen vectores del análisis de los primeros dos componentes principales con variables dominantes derivados de 30 variables morfológicas de 99 accesiones de *Opuntia spp.*

Variable	Componente 1	Componente 2
CBN		0.743
ET	-0.7806	
CER	-0.7085	
CEC	-0.8066	
FEC	0.9238	
CUEC	-0.9602	
TER	-0.9697	
CG	0.7017	
SF	-0.9083	
EC	-0.8756	
AA		0.9254
LA		0.8674
AS	-0.6949	
LE		0.6836
EA		0.6892

Las variables color de espina central (CEC), forma de espina central (FEC) y superficie de fieltro (SF) concuerda con González *et al.* (2001) señala que, para la identificación de especies, debido a la gran plasticidad fenotípica del género, recomienda seleccionar características menos variables número, color y forma de espinas o fieltro en las aréolas. Así mismo Reyes-Agüero *et*

al. (2005) Menciona que el número de espinas radiales los atributos con mayores coeficientes de variación son en cuanto a número y longitud de espinas (>100%) fueron: número de espinas con <0,99cm, número de espinas radiales y número de espinas con >3,0cm, son atributos que destacaron por su utilidad en la clasificación. Por otro lado, González *et al.* (2001) en los nopales el número de líneas (series) que forman las aréolas es de importancia taxonómica en la determinación de especies.

Se graficaron los componentes 1 y 2 (Figura 33) que expresan el 57.75 % de la variabilidad de los datos morfológicos de especies del género *Opuntia*. El componente principal 1 y el componente 2, se puede visualizar 6 grupos.

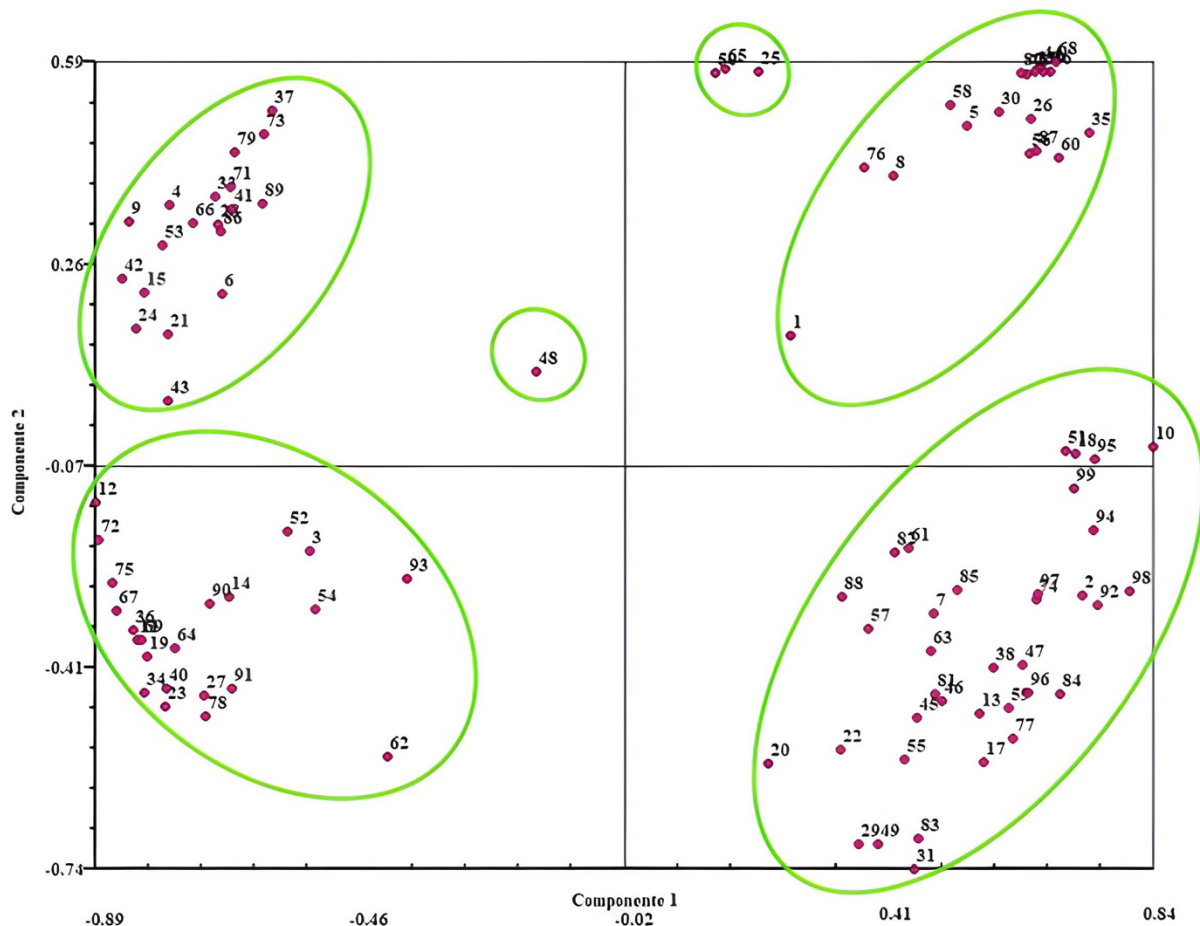


Figura 33. Dispersión de 99 accesiones de *Opuntia spp* con base en los dos primeros componentes principales, derivados de 30 variables morfológicas.

La gráfica de componentes principales se puede visualizar con se agruparon las plantas, inclusive la accesión 8 se agrupo con el grupo de la especie *Opuntia larreyi*, y la accesión 48 no se agrupo porque es la única especie de xoconostle que se encontró razón lo la que está alejada de los grupos. Esta grafica toma en cuenta todas las características morfológicas de las 30 variables analizadas, sin embargo, en proyectos que tienen menos recursos económicos el análisis de componentes principales pudiera ser una buena opción, aunque perderíamos un gran porcentaje de variables.

Recopilar más información de otras características morfológicas para enriquecer de información para la clasificación de las especies del género *Opuntia* como reportan Reyes-Agüero *et al.* (2005), es importante tomar atributos con mayor utilidad para la clasificación como color y peso de la pulpa del fruto, pues al ser variables dominantes se puede incrementar la proporción de la varianza explicada por los componentes y tener un valor más acertado de la agrupación. Por añadidura, se pueden medir otros grupos de variables de tipo edafoclimáticas y de labores culturales puesto que éstas tienen influencia directa sobre la variabilidad morfológica de las plantas; en el tamaño, grosor de cladodio, número de espinas, entre otras.

VII. CONCLUSIONES

La *Opuntia streptacantha* y *Opuntia ficus indica* son dos especies de nopal que por sus características morfológicas se puede dar mayor aprovechamiento en el uso forrajero, en la agricultura y en el uso comercial como elaboración de cosméticos e inclusive en la industria farmacéutica en la elaboración de medicamentos para el tratamiento de algunas enfermedades como la diabetes, mientras que las especies *Opuntia hyptiacantha* y *Opuntia robusta* tiene mayor uso forrajero y como colorante para alimentos y bebidas. Cabe señalar que el conocer con mayor certeza las diferente especies *Opuntia* nativas o de otros sitios ya que las personas se mueven de un lugar a otro llevándose algunas veces especies de *Opuntia* para el uso comestible o hasta ornamental, esto permitió tener un conocimiento más certero sobre las especies que se encontraban alrededor, ya que se tenía un conocimiento empírico, esto da más seguridad en diferentes alternativas en su diversidad de usos, así como su industrialización. En términos generales el estudio de la *Opuntia* puede permitir difundir la información acerca del mejorar el uso del manejo agronómico y los diversos usos que tradicionalmente se ha usado por la población.

Con esto me permitió reflexionar que falta mayor difusión de conocimiento científico hacia los habitantes del municipio de Ocoatepec, ya que la consideran poco atractiva limitándose al uso tradicional de platillos típicos, los estudios de *Opuntia* en los países extranjeros con los que están más documentados en cuanto el conocimiento en general de *Opuntia*, la información es escasa en cuanto a las investigaciones de las diferentes distribuciones y caracterización morfológica que a diferencia de otras especies le dan más énfasis a sus explotaciones comerciales que a la misma *Opuntia* que se limita más en el consumo y el uso medicinal.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilar C. N., R. Rodríguez H., S. Saucedo P. y D. Jasso C. 2008. Fitoquímicos Sobresalientes del semidesierto mexicano: de la planta a los químicos naturales y a la biotecnología. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. 579 p
- Aguilar-Barojas S. 2005. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco 11:(1-2) 333-338
- Alexiades M. N. 1996. Selected guidelines for ethnobotanical research: a field manual. The New York Botanical Garden. New York, USA. 306 p
- Aréchiga F. C. F. 2007. Importancia del nopal forrajero en el Estado de Zacatecas. *In*: El Nopal en la Producción Animal. Universidad Autónoma de Zacatecas (ed.). 1ª edición. Zacatecas, México. pp: 33-39
- Ávalos-Huerta I., D.L. Sánchez-López y C. López-González. 2013. Nomenclatura vernácula, uso y manejo de *Opuntia spp.* en Santiago Bayacora, Durango, México. Revista Chapingo. Serie Horticultura 19 (3): 367-380
- Avendaño Y. M. de la L. 2016. La reproducción de las plantas costos y beneficios. Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias 67 (4):80–85
- Becerra R. 2000. Las cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. BioDIVERSITAS. 6 (32):2-5
- Bravo-Hollis H. 1978. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma De México. México. 643 p
- Bravo-Hollis H. y L. Scheinvar. 1999. El interesante mundo de las cactáceas. Fondo de Cultura Económica. 2da edición. México. 233 p
- Bueno R. V y J. Plumed S. 2017. Los cactus jardín botánico de la universidad de Valencia. Universidad de valencia. En línea: <http://jardibotanic.org> > fotos > pdf > publicación. Consultado: 10/09/2023
- Carapia-Carapia L. y F. Vidal-García. 2021. Etnobotánica: el estudio de la relación de las plantas con el hombre. INECOL. En línea: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/373-etnobotanica-el-estudio-de-la-relacion-de-las-plantas-con-el->

- Dubeux J. C. B., M.V. Dos Santos F., A. L. De Melloa C., M. Da Cunha V., M. Ferreira de A., D. Dos Santos C., M. Lira. A., & M. Silva D. C. 2015. Forage potential of cacti on drylands. *Acta Horticulturae* (1067):181–186
- Estrada-Luna. A. A., J de J. Martínez-Hernández., M. E. Torres-Torres y F. Chablé-Moreno. 2008. In vitro micropropagation of the ornamental prickly pear cactus *Opuntia lanigera* Salm-Dyck and effects of sprayed GA3 after transplantation to ex vitro conditions. *Scientia Horticulturae* 117 (4):378–385
- Figueroa-Cares I., M. T. Martínez-Damián, E. Rodríguez-Pérez, M T. Colinas-León., S. Valle-Guadarrama, S. Ramírez-Ramírez, y C. Gallegos-Vázquez. 2010. Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante en 12 cultivares de tuna (*Opuntia spp.*) de México. *Agrociencia* 44 (7):763-771
- Flores V. C. A. y J. Corrales G. 2003. Nopalitos y tunas. Producción, comercialización, postcosecha e industrialización. Universidad Autónoma Chapingo CIESTAAM-Programa Nopal. México. 225 p
- Gallegos-Vázquez C., J. Cervantes-Herrera., A. F. Barrientos-Priego y S. P. Ramírez-Ramírez. 2008. Graphic handbook for the variety description of cactus pear and xoconostle (*Opuntia spp.*). SAGARPA y Universidad Autónoma Chapingo. En línea: https://www.researchgate.net/publication/322835288_Graphic_handbook_for_the_variety_description_of_cactus_pear_and_xoconostle_Opuntia_spp. Consultado: 26/10/2023
- García S. M. D. y H. Serrano. 2021. La tuna de los nopales *Opuntia spp.* Una cactácea de usos múltiples. TecnoAgro. En línea: <https://tecnoagro.com.mx/no.-149/la-tuna-de-los-nopales-opuntia-sp-una-cactacea-de-usos-multiples#:~:text=Fruto%20del%20nopal&text=Las%20tunas%20son%20frutos%20espinosos,a%20cinco%20cent%C3%ADmetros%20de%20longitud>. Consultado: 11/09/2023
- Gijón H. A. 1998. Plagas y enfermedades del nopal. Informe de servicio social. Programa de Investigación y Servicio en Nopal y Tuna, CIESTAAM-UACH Chapingo, México. 41 p

- González C. L. & J. Everitt H. 1990. Fertilizer effects on the quality and production of prickly pear cactus and its wildlife value. *In*: Proc. First Annual Texas Prickly Pear Council. Kingsville, Texas. pp: 3-13
- González D. A., M. E. Riojas L. y H. J. Arreola N. 2001. El género *Opuntia* en Jalisco Guía de campo. Universidad de Guadalajara y Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México. 135 p
- González-Miranda G., O. Bernal-Ramos, E. E. Gutiérrez-Alva y E. A. Santamaria-Mendoza. 2016. Usos y aplicaciones del nopal como oportunidad competitiva en la Ciudad de Toluca. En línea: http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/vinculat%C3%A9gica_2/10%20GONZALEZ_BERNAL_GUTIERREZ_SANTAMARIA.pdf. Consultado: 29/10/2023
- Guillot O. D y P. Van Der Meer. 2006. Algunos taxones nuevos del género *Opuntia* mill. En la comunidad valenciana. *Flora Montiberica* 32: 39-50
- Guzmán L. D. y J. Chávez. 2007. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de La Sociedad Química Del Perú* 73 (1): 41–45
- Hart C. R. & R. Lyons K. 2013. Pricklypear Biology and Management. Texas AgriLife Extension Publication 1–8. En línea: <http://counties.agrilife.org/gillespie/files/2013/02/PricklypearBiology-andManagement.pdf>. Consultado: 26/08/2023
- Herbario de la universidad de Sonora. 2011. Desert Botanical Garden Herbarium (DES). En línea: <https://herbanwmex.net/portal/collections/individual/index.php?occid=3835319>. Consultado: 27/08/2023
- Hernández G. L. 1993. Plagas y enfermedades del nopal en México. Reporte de Inv. 11, CUESTAAM-UACH. 52 p
- Hernández X. E. 1978. La investigación de huarache. *Revista de Economía Campesina*. (39):113-116
- Hernández-Hernández F. de la C., F García G. de M., I. del Río D. y H. Lanz M. 2005. La cochinilla fina del nopal, colorante mexicano para el mundo. *Ciencia* 56 (4):78-87
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010 Ocotepéc Puebla. En línea:

- <https://inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=070000210105#collapse-Resumen>
Consultado: 24/10/2023
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. Ocotepéc Puebla. En línea:
<https://inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=070000210105#collapse-Resumen>
Consultado: 24/10/2023
- Jardín botánico del IBUNAM (Instituto de biología de la Universidad Nacional Autónoma de México). s/fa. Nopal del pedregal *Opuntia lasiacantha*. Infografías del jardín botánico de la UNAM En línea: <https://infografiasjb.ib.unam.mx/nopal-pedregal.html>.
Consultado: 07/11/2023
- Jardín botánico del IBUNAM (Instituto de biología de la Universidad Nacional Autónoma de México). s/fb. Nopal tapón *Opuntia robusta*. Infografías del jardín botánico de la UNAM En línea <https://infografiasjb.ib.unam.mx/nopal-tapon.html>. Consultado: 07/11/2023
- Jardín botánico del IBUNAM (Instituto de biología de la Universidad Nacional Autónoma de México). s/fc. Nopal cardón *Opuntia streptacantha*. Infografías del jardín botánico de la UNAM En línea <https://infografiasjb.ib.unam.mx/nopal-cardon.html>. Consultado: 07/11/2023
- Kiesling R. & D. Metzging. 2018. Origen y taxonomía de *Opuntia ficus-indica*. In: Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. FAO y ICARDA (ed). 1ª ed. Roma. pp: 13–19.
- Magos L. N. A. 2016. Las plantas del Futuro (Fotosíntesis CAM). Diario de Xalapa Ciencia y Luz. Universidad Veracruzana. En línea: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/48547/110-CYL070616.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 26/08/2023
- Mandujano M. del C., I. Carrillo -Ángeles, C. Martínez-Peralta, & J. Golubov. 2010. Reproductive Biology of *Cactaceae*. In: Desert Plants Biology and Biotechnology. Springer (ed). Berlín, Heidelberg: pp: 197 – 230
- Mandujano M. del C., L. Plasencia L., G. Aguilar M., G. Jiménez G., A. Galicia-Pérez, M. Rojas-Aréchiga y C. Martínez-Peralta. 2014. Sistema sexual de *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck (Cactaceae, Opuntioideae) en un pedregal de origen volcánico. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 59 (4):100-120

- Martínez A. M. A. 1994. Estado actual de las investigaciones etnobotánicas en México Boletín de la Sociedad Botánica de México 55: 65-74
- Matadamas O. E. J., M. de la P. Zamorano R., y B. Rodríguez L. 2016. Manual para la producción de grana cochinilla. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria Acuícola y Forestal del Estado de México. ICAMEX (ed). 2da edición. Estado de México, México. 24 p. En línea: <https://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2016/GRANA%20COCHINILLA%202016.pdf> . Consultado: 27/08/2023
- Milo A. 2022. La historia del nopal, la planta emblemática que domina México desde hace 20,000 años. National Geographic En español. En línea: <https://www.ngenespanol.com/naturaleza/nopal-la-planta-emblema-de-mexico-que-ha-sobrevivido-a-la-historia/>. Consultado: 27/08/2023
- MMA (Ministerio del medio ambiente). 2015. Cartilla de identificación de cactáceas. En línea: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/09/Cartilla-Identificacion-Cactaceas-Aysen.pdf>. Consultado: 27/08/2023
- Mondragón J. C., S. de J. Méndez G. y G. Olmos O. 2003. El cultivo de *Opuntia* para la producción de forraje: de la reforestación al cultivo hidropónico. *In: El nopal (Opuntia spp.) como forraje*. FAO (ed). En línea: <https://www.fao.org/3/Y2808S/y2808s0f.htm#fn12> Consultado: 27/08/2023
- Mondragón, J. C. y E. Pimienta B. 1990. "Fertilización orgánica y química del nopal tunero en zonas se-miáridas". *In: Memorias: IV Reunión Nacional y 11 Congreso Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. SOMECH, A.C., INCA-Rural-CECCAM. Zacatecas, Zac., México. 28 p
- Mulas M. & G. D'hallewin. 1992. Improvement pruning and the effects on vegetative and yield behaviour in prickly pear (*Opuntia ficus-indica mill.*) cultivar 'Gialla'. Acta Horti 296: 139-146
- Nerd A. & Y. Mizrahi. 1992. Effects of fertilization on prickly pear production in Israel. *In: Proc. 3rd Annual Texas Prickly Pear Council*. Kingsville, Texas. pp: 1-4

- Nerd A., A. Karady & Y. Mizrahi. 1991. Out-of-season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilization and short droughts on productivity. *Hort Science* 26 (5): 527-529
- Nobel P. S., Ch. E. Russell, P. Felker, J. Galo & E. Acuña. 1987. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti. *Agron. J* 79(3): 550-555
- Pimienta B. E. 1990. El nopal tunero. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 246 p.
- Prat L., N. Franck y F. Sudzuki. 2018. Morfología y anatomía de las *Platyopuntias*. In: *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. FAO y ICARDA (ed). 1ª ed. Roma. pp: 21–28
- Prieto-García F., S. Filardo-Kerstup, E. Pérez-Cruz, R. Beltrán-Hernández, A. Román Gutiérrez, y M. Méndez-Marzo. 2006. Caracterización física y química de semillas de *opuntias* (*Opuntia spp.*) cultivadas en el estado de Hidalgo, México. *Bioagro* 18 (3): 163–169
- Reyes-Agüero J. A., J. R. Aguirre R. y J. L. Flores F. 2005. Variación morfológica de *Opuntia* (*cactaceae*) en relación con su domesticación en la altiplanicie meridional de México. *SciELO* 30 (8) 476-484
- Reyes-Agüero J. A., J. R. Aguirre R., A. Valiente-Banuet. 2006. Reproductive biology of *Opuntia*: A review. *Journal of Arid Environments* 64 (4): 549–585
- Reynolds S. G. & E. Arias. 2001. Cactus (*Opuntia spp.*) as forage. In: *Cactus (Opuntia spp.) as forage*. FAO (ed). Roma, Italia. 146 p
- Rodríguez F. H., J. Rodríguez A., P. Almaguer S. y J. C. Rodríguez O. 2015. Cultivo hidropónico del nopal. México. Trillas. 78 p
- Rodríguez F. H., M. A. López J., J. Rodríguez A., y G. Jiménez G. 2014. Cultivo Orgánico del nopal. México. Trillas. 96 p
- Ruiz C. A. J., G. Medina G., I. J. González A., H. E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K. F. Byerly M. y R. A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. SAGARPA y INIFAP (ed). 2ª. ed. México, Jalisco. En línea: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf Consultado: 27/08/2023

- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) 2019. El cultivo de nopal verdura en la ciudad de México. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/cdmx/articulos/el-cultivo-de-nopal-verdura-en-la-ciudad-de-mexico?idiom=es> Consultado:29/10/2023
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2020a. El nopal, parte de la riqueza del campo mexicano. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-nopal-parte-de-la-riqueza-del-campo-mexicano>. Consultado:26/10/2023
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2020b. Crece en México el consumo y producción de nopal: Agricultura En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crece-en-mexico-el-consumo-y-produccion-de-nopal-agricultura?idiom=es>. Consultado:26/10/2023
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. El nopal: propiedades y paquete tecnológico para su producción. 26 p. En línea: <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/publicaciones/106-otros/1226-el-nopal-propiedades-y-paquete-tecnologico-para-si-produccion>. Consultado: 27/08/2023
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Estudio de factibilidad para el establecimiento de cultivo de nopal (*Opuntia*) en tierras ociosas en los estados de Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Zacatecas con fines alimenticios, energéticos y ambientales. En línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346983/Nopal_ejecutivo.pdf. Consultado: 27/08/2023
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) y INIFAP (El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2016. Producción de nopal verdura de riego, a cielo abierto, en Tamaulipas. (4): 2 p. En línea: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Eventos/2016/Producciondenopalverdura.pdf> Consultado: 27/08/2023
- Said A. H., T. Astatkie, & W. Hikal. 2017. *Opuntia ficus-indica* (Cactus pear) Multipurpose plant for the future. Noor Publishing. 52 p
- Sánchez-Robles J. M. y Torres-Muros L. 2020. Educación, etnobotánica y rescate de saberes ancestrales en el Ecuador. Revista Espacios 41 (23): 158-170
- Scheinvar L. 2004. Flora cactológica del estado de Querétaro: Diversidad y riqueza. Fondo de cultura económica. México. 392 p.

- Scheinvar L., C. Gallegos V., N. Gámez T., y G. Olalde P. 2020. Atlas de los nopales silvestres mexicanos. 1ª ed. Universidad Autónoma Nacional de México. México. 607 p
- Secretaría de Economía.2020. Ocotepc Municipio de Puebla. Data México. En línea: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/ocotepc-21105>. Consultado: 01/11/2023
- Soria M. G., F. L. Sánchez A., X. Villaseñor D., J. M. Sandoval M., y J. C. Magaña A. 2015. ¿Qué conocemos del nopal?. 1ª ed. Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación de Michoacán. México, Michoacán. En línea: <https://icti.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2019/07/10.-QUE-CONOCEMOS-DEL-NOPAL.pdf>. Consultado: 27/08/2023
- Torres-Ponce R. L., D. Morales-Corral, M de L. Ballinas-Casarrubias, y G. V. Nevárez-Moorillón. 2015. El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(5): 1129–1142
- UPOV (Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales). 2006. Chumbero, nopal tunero, tuna y xoconostles. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. En línea: <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg217.doc>. Consultado: 25/10/2023
- Valdez-Cepeda R. D. y Blanco-Macías F. 2007. Fertilización- nutrición en nopal. *In: EL Nopal en la Producción Animal*. Universidad Autónoma de Zacatecas (ed.). 1ª edición. Zacatecas, México. pp: 59-78
- Valdez-Cepeda R. D., F. Blanco M., B. Murillo A., J. L. García H., R. R. Ruiz G., M. Márquez M., J.C. Ledesma M. y F. J. Macías R. 2002b. Fertilización-nutrición en nopal. Informe de Investigación PUIFRU 230308 2002. Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, México
- Valdez-Cepeda R. D., F. Blanco M., R. R. Ruiz G., M. Márquez M. y F. J. Macías R. 2002a. Fertilización-nutrición en nopal. Informe de Investigación PUIFRU230308. 2001. Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, México
- Vela E. 2015. El nopal en México: catálogo visual. *Arqueología mexicana* (62): 8-23
- Villanueva R.H. 1995. Principales plagas y enfermedades del nopal en México. Coordinación de Servicio Social, CIESTAAM, UACH. Chapingo, estado de México, 32 p

Yang L., M. Lu., S. Carl., J. A. Mayer., J. C. Cushman., E. Tian & H. Lin. 2015. Biomass characterization of *Agave* and *Opuntia* as potential biofuel feedstocks. *Biomass and Bioenergy* 76: 43–53

IX. ANEXOS



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Nombre _____ Nivel de estudios _____ Ocupación _____
Sexo _____ Edad _____ Clave _____ Localidad _____

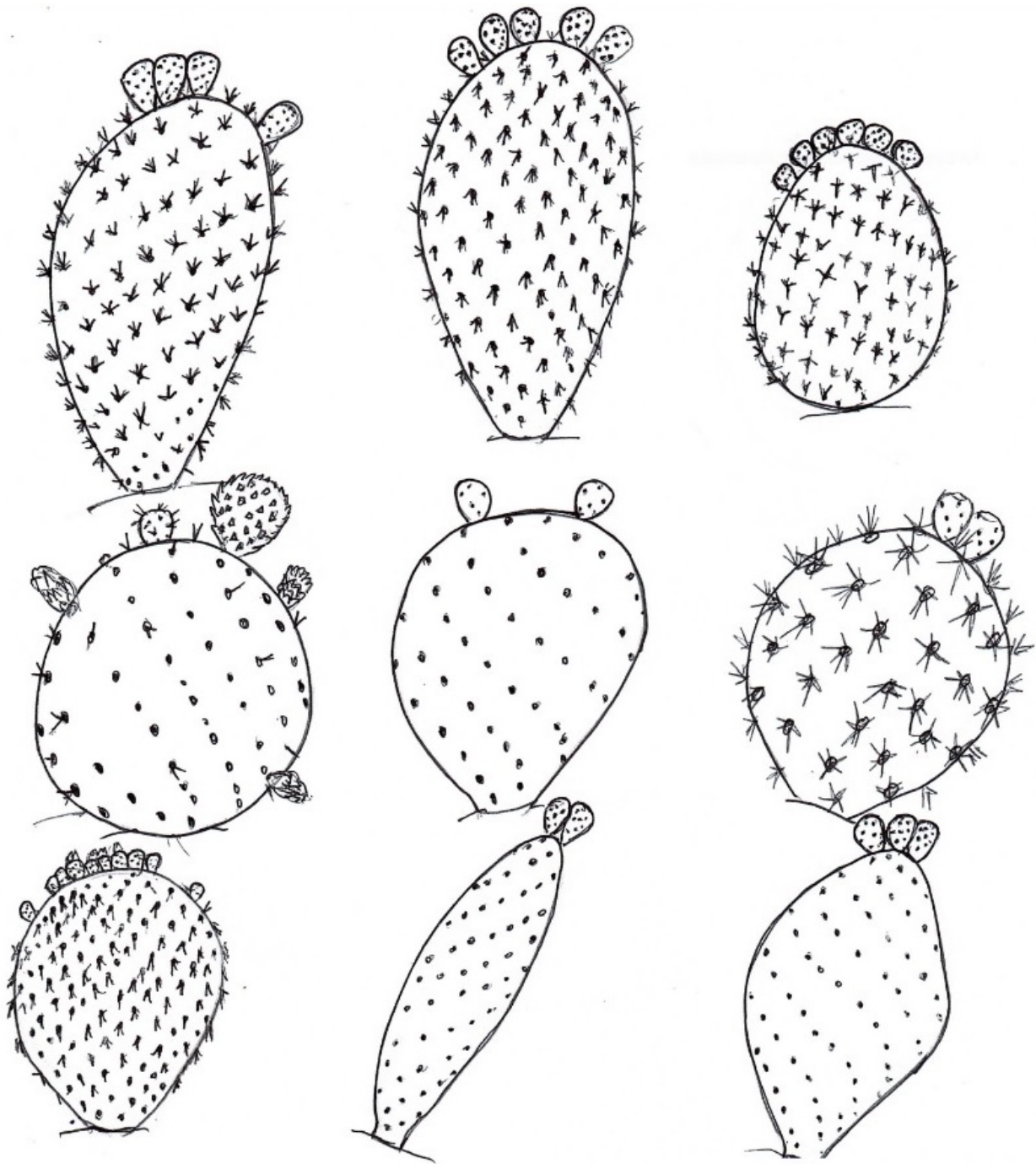
1. ¿Cuál es el principal motivo por el que conserva las plantas de nopal?
 - Alimentación
 - Uso medicinal
 - Retención de suelo
 - Otros
2. ¿Qué cuidados les da a las plantas de nopal?
 - Poda y Encalado
 - Fertilización
 - Aplicación de químicos para control de plagas y enfermedades
 - Aplicación de abono
 - Riego en época de seca
 - Ninguna
3. ¿Cuántas personas en su familia consume nopal?
 - 1 a 2 personas
 - 3 a 4 personas
 - 5 a 6 personas
 - más de 6 personas
4. ¿Con que frecuencia consumen nopal?
 - 3 a 5 veces por semana
 - 1 vez por semana
 - 1 a 2 veces al mes
 - No lo consumimos
5. ¿De dónde adquiere el nopal que consumen?
 - De mi cultivo
 - Compro nopal en el mercado
 - De mi cultivo y compro nopal en el mercado
 - Otro
6. Si compra nopal del mercado en promedio ¿cuántos kilogramos compra?
 - 0.5 a 1 kg
 - 1 a 1.5 kgs
 - 1.5 a 2 kgs
 - Mas de 2 kgs
7. Cuando es temporada y consume el nopal de su terreno, aproximadamente ¿cuantos kg de nopal puede cortar a la semana por planta?
 - 0.5 a 1 kg
 - 1 a 1.5 kgs
 - 1.5 a 2 kgs
 - Mas de 2 kgs

Anexo 1. Formato de encuesta

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA****FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

- 8 En base a sus observaciones, aproximadamente ¿cuantos meses dura la producción de nopal por planta?
- 2 meses
 - 3 meses
 - 4 meses
 - Mas de 4 meses
- 9 Cuando es temporada de producción de tuna ¿con que frecuencia la consume?
- 3 a 5 veces por semana
 - 1 vez por semana
 - 1 a 2 veces al mes
 - No la consumimos
- 10 ¿Que usos alternativos se le puede dar al nopal?
- 11 ¿Cuáles son las propiedades medicinales que tiene el nopal?
- 12 Si usted poda el nopal ¿que hace usted con los residuos?
- 13 ¿De quién o de que fuentes adquirió el conocimiento acerca de los beneficios y manejo del nopal?
- 14 ¿Le ha proporcionado nopal como forraje a algún tipo de ganado? De ser asi ¿qué tipo de ganado?
- 15 ¿Le ha dado algún tratamiento al nopal para que lo consuma el ganado?
- 16 ¿Ha sembrado nopales en asociación con algún árbol o cultivo? De ser asi ¿qué cultivo o tipo de árbol?
- 17 Aproximadamente ¿cuál es la edad y el lugar de procedencia de la planta?
- 18 De sus plantas de nopal ¿cuál es el color y sabor de la tuna? y ¿cuál es el color de la flor?

Anexo 2. Formato de encuesta



*Ilustración elaborada por
Diana Leticia Reyes Martínez
2023*

Anexo 3. Formas de cladodio predominantes en el municipio de Ocoatepec, Puebla