



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria



BICENTENARIO  
PERÚ  
2024



# Descriptores para tuna

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
DIRECCIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS Y BIOTECNOLOGÍA

# Descriptores para tuna



## DESCRIPTORES PARA TUNA

### MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO

#### Ministra de Desarrollo Agrario y Riego

Jennifer Lizetti Contreras Álvarez

#### Viceministro de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario

Victor Hugo Parra Puentes

#### Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego

Christian Alfredo Barrantes Bravo

#### Jefe del INIA

Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.

© Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

#### Primera edición digital:

Febrero, 2024

#### Publicado:

Febrero, 2024

#### Disponible en:

<https://repositorio.inia.gob.pe/>

#### ISBN:

978-9972-44-148-6

#### Editado por:

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Equipo Técnico de Edición y Publicaciones

Av. La Molina 1981, Lima-Perú

Teléf. (511) 2402100 - 2402350

[www.gob.pe/inia](http://www.gob.pe/inia)

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2024-01857

**Autores:** Giovana Mamani-Huayhua, Cledy Canchari-Risco, Victoriano E. Núñez-Cuba / **Editora**

**general:** Emely E. Lazo-Torreblanca / **Revisión de contenido:** Marko G. García Gutierrez / **Diseño y**

**diagramación:** Luis E. Calderon Paredes

# TABLA DE CONTENIDO

Presentación	7
<b>1.</b> Introducción	<b>9</b>
<b>2.</b> Origen y distribución	<b>11</b>
<b>3.</b> Taxonomía	<b>13</b>
<b>4.</b> Descriptores	<b>15</b>
4.1. Planta	<b>15</b>
4.2. Cladodio	<b>18</b>
4.3. Flor	<b>28</b>
4.4. Fruto	<b>36</b>
4.5. Semilla	<b>49</b>
4.6. Susceptibilidad a plagas y enfermedades	<b>53</b>
<b>5.</b> Referencias bibliográficas	<b>57</b>



# Presentación

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Organismo Técnico Especializado del Estado Peruano adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) y ente rector del Sistema Nacional de Innovación Agraria (SNIA), cumple la misión de gestionar la innovación y valorar la agrobiodiversidad para los productores agrarios del país mediante el desarrollo y transferencia de tecnologías que contribuyan al desarrollo sostenible del sector agrario nacional.

La Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología (DRGB), mediante la Subdirección de Recursos Genéticos (SDRG), es el órgano encargado de la colección, identificación, evaluación y conservación de las especies domesticadas y sus parientes silvestres, así como de especies silvestres con uso potencial en la actividad agraria nacional, con la finalidad de poner en valor los recursos genéticos de la agrobiodiversidad existente. En el cumplimiento de tal función, viene ejecutando el proyecto “Mejoramiento de los servicios de investigación en la caracterización de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad en 17 departamentos del Perú” (ProAgrobio), que incluye acciones de investigación y la difusión de sus resultados.

En el contexto de dicho proyecto, se viene realizando la caracterización agromorfológica de las accesiones de la colección de germoplasma de tuna conservadas en la Estación Experimental Agraria Canaán (Huamanga, Ayacucho). Como resultado de dicha investigación, se presenta el documento de “**Descriptor para tuna**” que el INIA pone a disposición de investigadores, profesionales, productores y público en general interesados en la diversidad de la tuna, su conservación, valoración y el mejoramiento genético orientado a optimizar los beneficios que pueden obtenerse de esta especie.

**Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.**  
Jefe del INIA



# 1 Introducción

La tuna es una cactácea que se caracteriza por su notable adaptación a climas áridos y semiáridos en regiones tropicales y subtropicales (El-Mostafa et al., 2014). Se encuentra ampliamente distribuida en Perú, especialmente en los valles interandinos, donde se presentan las condiciones adecuadas para su establecimiento, y es un recurso muy importante en los sistemas agropastoriles, dado que sus frutos son consumidos directamente o utilizados para elaborar bebidas y mermeladas; sus tallos son usados como forraje, es cultivada en cercos vivos y sus restos son usados en la elaboración de fertilizantes orgánicos; pero su uso más frecuente es como hospedero para la crianza de la cochinilla, un insecto que produce un pigmento natural llamado carmín, usado en las industrias alimentaria, textil y farmacéutica (Novoa, 2006). Además de su uso como alimento humano y ganadero, también posee propiedades medicinales, además de proporcionar leña y materia prima para bioenergía (Stavi, 2022).

Muestra un potencial productivo elevado en ambientes con lluvias escasas y erráticas debido a un proceso fotosintético denominado metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) que determina su mayor eficiencia en el uso de agua (Edvan et al., 2020), su adaptabilidad a suelos menos fértiles, temperaturas elevadas y baja precipitación pluvial (Sipango et al., 2022) y su capacidad de almacenar agua en sus tallos suculentos (Scalisi et al., 2016).

Además de su tolerancia a la sequía (Dubeux et al., 2018), la tuna ofrece otras ventajas ecológicas como la reducción de la erosión del suelo y la captura de parte del incremento del CO<sub>2</sub> (Pérez-Torrero et al., 2017) y su uso forrajero puede contribuir a reducir la presión sobre pastizales naturales (Dubeux et al., 2018).

Varias partes de la planta tienen un alto valor nutricional y son ricos en compuestos de valor agregado. Los cladodios tienen un apreciable contenido de fibra dietética y compuestos bioactivos como kaempferol, quercetina e isorhamnetina; los frutos son una fuente mayor de ácidos fenólicos y vitamina C; las semillas contienen ácidos grasos insaturados y vitamina E; las flores son ricas en compuestos fenólicos; y diferentes fracciones de la planta tienen aplicaciones en la industria alimentaria (Rodrigues et al., 2023). Se ha demostrado el contenido de antioxidantes tanto en la pulpa y la cáscara del fruto y las semillas, como en los cladodios en diferentes especies y variedades de *Opuntia* (de Wit et al., 2019). La harina de los cladodios aporta fibra, minerales y polifenoles a los productos de panadería (Barba et al., 2020).

El potencial productivo de la tuna en el Perú es fortalecido por su diversidad genética que se manifiesta en el color de la cáscara y la pulpa de los frutos, así como en su tamaño, forma y sabor. La caracterización de esa diversidad es fundamental para la investigación relacionada con su conservación y el mejoramiento genético.

En la Estación Experimental Agraria Canaán se viene realizando la caracterización agromorfológica de las accesiones de la colección de tuna, que forma parte del Banco de Germoplasma del INIA, utilizando una relación de descriptores que son presentados en este documento con el objetivo de difundirla y que pueda ser utilizada en otras investigaciones que la requieran.

## 2

## Origen y distribución

Aunque el origen geográfico y evolutivo de la tuna todavía no se ha podido definir, la mayoría de autores que han investigado ese tema coinciden en que no es nativa del Viejo Mundo (Griffith, 2004) y también se afirma que se originó en México (Stavi, 2022).

Varias especies de *Opuntia* estaban entre los recursos vegetales más importantes en Mesoamérica durante la prehistoria y cuando comenzó la invasión española, estaban en niveles avanzados de uso y manejo (Casas et al., 2003).

Se cree que la tuna llegó con Colón en su primer regreso a Lisboa en 1493 (Griffith, 2004, citando a Anderson, 2001, y Russell y Felker, 1987), situándola en el Caribe al menos hacia finales de los años 1400, aunque se desconoce si es nativa (Griffith, 2004). A inicios del siglo XVI ya era conocida en el Viejo Mundo (ibidem, citando a Donkin, 1977), habiéndose reportado su cultivo en Tlaxcala, México, en 1519 (ibidem, citando a Idell, 1957) y el consumo de brotes y frutos por los mayas del sudeste de México (ibidem, citando a Coe, 1994). También hay evidencia de su uso por los Nazca de Perú, situándola en Sudamérica en una fecha muy temprana (ibidem, citando a Sejuro, 1990).

La evidencia más antigua del uso de cactáceas en el Perú data de más de 11 800 años y son semillas halladas en la cueva de Pachamachay, cerca del lago de Junín, sobre los 4200 m s. n. m., las que probablemente sean de *Austrocylindropuntia floccosa*, la única especie de cactácea que crece en tales altitudes y cuyos frutos aún siguen siendo consumidos en las zonas altoandinas del centro y sur del país (Novoa, 2006, citando a Ostolaza, 1994, y Vilcapoma, 2000). Además, se han hallado restos de *Opuntia* y otras cactáceas formando parte de ofrendas (ibidem, citando a Ostolaza, 1994, Piacenza y Ostolaza, 2002, y Towle, 1961) y también formando parte del material de construcción de algunas edificaciones prehispánicas (ibidem, citando a Álvarez y Cáceres, 2003). Sin embargo, el grupo de las platyopuntias, que incluye a la tuna, sólo ha sido reportado en las culturas Moche e Inca (ibidem, citando a Horkhemier, 2004). En la iconografía mochica destacan unas *Opuntia* de tallos planos y redondeados que probablemente sean de *O. macbridei* (Figura 1).

Otro argumento para sustentar el origen de la tuna en Perú es el uso de la cochinilla (*Dactylopius* spp.), un insecto adaptado a una vida sésil sobre esta cactácea en una relación de alta especificidad entre ambas especies endémicas del continente americano (Novoa, 2006, citando a Claps y de Haro, 2001, y Novoa, 2005).



Figura 1. Representación de *Opuntia* en cerámicos Moche (Novoa, 2006)

## 3

## Taxonomía

A continuación, se presenta la jerarquía taxonómica de la tuna según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (Integrated Taxonomic Information System [ITIS], 2023).

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Viridiplantae

**Infrareino:** Streptophyta

**Superdivisión:** Embryophyta

**División:** Tracheophyta

**Subdivisión:** Spermatophytina

**Clase:** Magnoliopsida

**Superorden:** Caryophyllanae

**Orden:** Caryophyllales

**Familia:** Cactaceae Juss.

**Género:** *Opuntia*

**Especie:** *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.



# 4 | Descriptores

La mayor parte de los descriptores y de los estados de los descriptores cualitativos presentados en este documento provienen de Chessa y Nieddu (1997) y algunos son publicados por primera vez en este documento, los mismos que están identificados con un asterisco (\*).

## 4.1. PLANTA

Para determinar los descriptores de planta, efectuar las observaciones en plantas de tres años a más, en fase vegetativa o reproductiva.

### 4.1.1. Descriptores cualitativos

#### 4.1.1.1. Tamaño de la planta

Observar y clasificar el tamaño de la planta (Figura 2). Considerar 5 plantas por accesión, y registrar la moda.

- 3 Pequeño (altura < 1.5 m)
- 5 Mediano (altura 1.6-2.0 m)
- 7 Grande (altura > 2.1 m)



Figura 2. Tamaño de la planta de tuna: (3) Pequeño, (5) mediano y (7) grande

### 4.1.1.2. Forma de la planta

Observar y clasificar la forma de la planta (Figura 3). Considerar 5 plantas por accesión y registrar la moda.

- 1 Extendida (ancho > altura)
- 2 Radiada (ancho = altura)
- 3 Alargada (ancho < altura)



Figura 3. Forma de la planta de tuna: (1) Extendida, (2) radiada y (3) alargada

### 4.1.1.3. Hábito de crecimiento de la planta

Observar y clasificar el hábito de crecimiento de la planta, considerando 5 plantas por accesión y expresar la moda.

- 1 Erecto
- 2 Intermedio
- 3 Desplegado
- 4 Postrado
- 5 Arbustivo
- 6 Arborescente

### 4.1.2. Descriptores cuantitativos

#### 4.1.2.1. Altura de planta (m)

Medir la altura de planta desde el cuello hasta su punto más alto (Figura 4). Considerar 5 plantas por accesión y registrar el promedio.



Figura 4. Medición de la altura de la planta de tuna

### 4.1.2.2. Ancho de planta (m)

Medir el ancho de la planta (Figura 5). Considerar 5 plantas por accesión y registrar el promedio.



Figura 5. Medición del ancho de la planta de tuna

## 4.2. CLADODIO

Realizar estas observaciones en cladodios de 1-3 años, sanos, sin malformación y con producción de brotes.

### 4.2.1. Descriptores cualitativos

#### 4.2.1.1. Forma del cladodio

Observar y clasificar la forma del cladodio (Figura 6). Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión y registrar la moda.

- 1 Redonda
- 2 Aovada
- 3 Subovoide

- 4 Elíptica
- 5 Elíptica acuminada
- 6 Espatulada

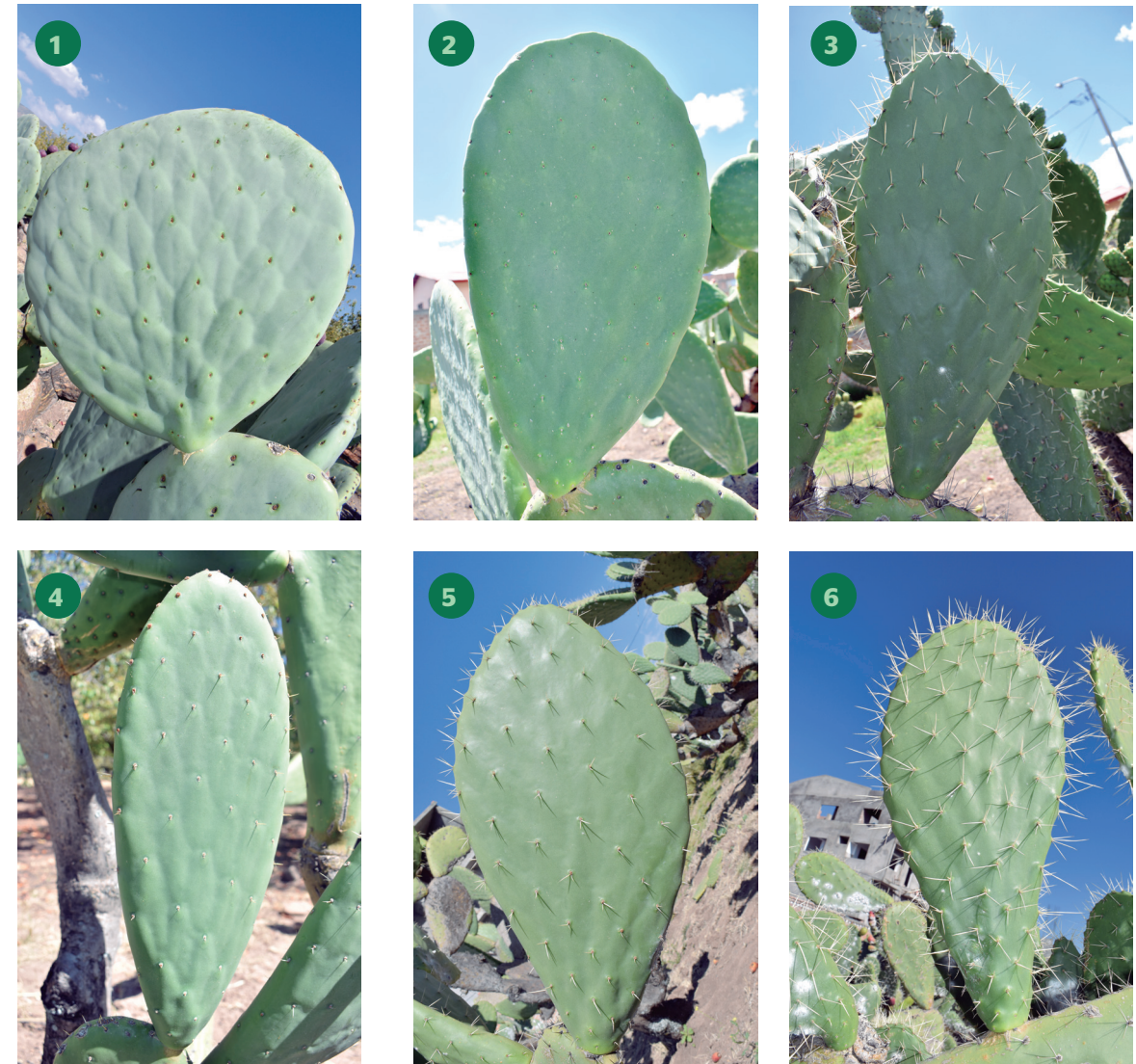
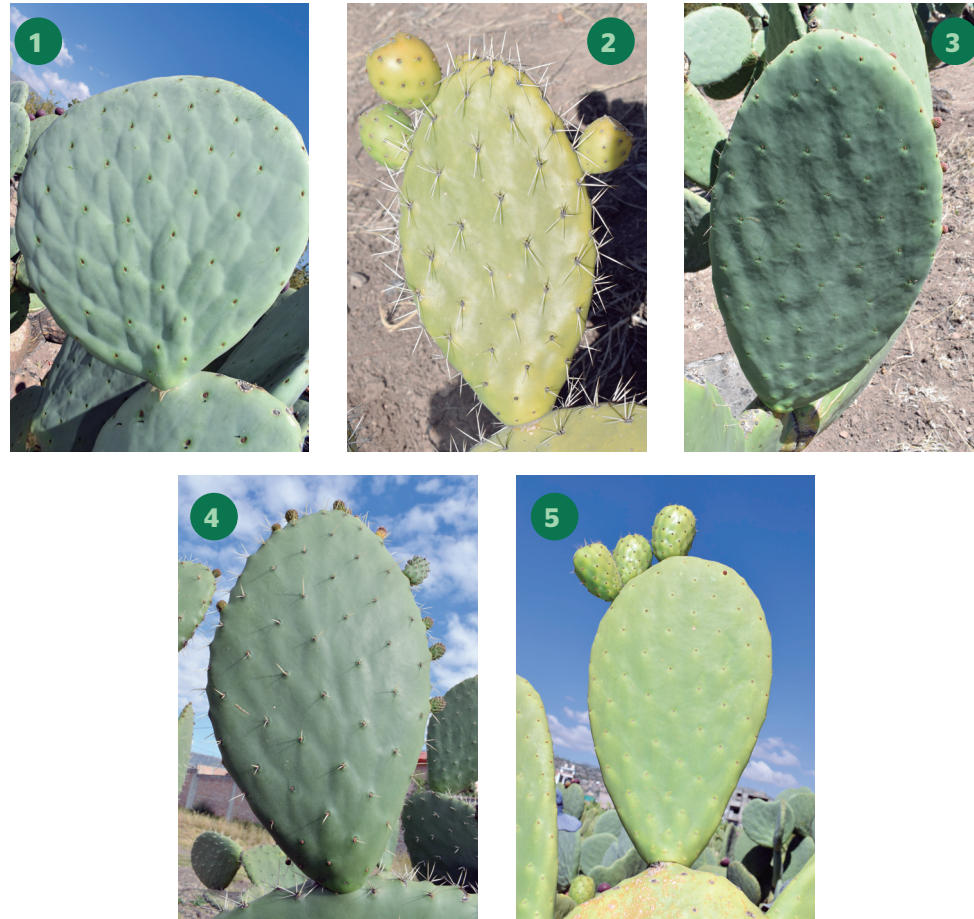


Figura 6. Forma del cladodio de la planta de tuna: (1) Redonda, (2) aovada, (3) subovoide, (4) elíptica, (5) elíptica acuminada y (6) espatulada

### 4.2.1.2. Color de cladodio

Observar y clasificar el color del cladodio (Figura 7). Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión (10 cladodios por accesión) y registrar la moda.

- 1 Verde azulado
- 2 Verde amarillento
- 3 Verde grisáceo
- 4 Verde oscuro
- 5 Verde claro



**Figura 7.** Color de cladodio de la planta de tuna: (1) Verde azulado, (2) verde amarillento, (3) verde grisáceo, (4) verde oscuro, (5) verde claro

### 4.2.1.3. Cantidad de espinas en el cladodio

Observar y clasificar la cantidad de espinas presentes en el cladodio (Figura 8). Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión (10 cladodios por accesión) y registrar la moda.

- 0 Ausente
- 3 Poco
- 5 Intermedio
- 7 Abundante



**Figura 8.** Cantidad de espinas en el cladodio de la planta de tuna: (0) Ausente, (3) poco, (5) intermedio y (7) abundante

### 4.2.1.4. Forma de las areolas

Observar y clasificar la forma de las areolas del cladodio (Figura 9). Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión (10 cladodios por accesión) y registrar la moda.

- |             |                           |
|-------------|---------------------------|
| 1 Emergente | 4 Plana sobre fieltro     |
| 2 Plana     | 5 Emergente sobre fieltro |
| 3 Hundida   |                           |



Figura 9. Forma de las areolas del cladodio de tuna: (1) Emergente, (2) plana, (3) hundida, (4) plana sobre fieltro, (5) emergente sobre fieltro

### 4.2.1.5. Cerosidad del cladodio

Observar y clasificar la cerosidad del cladodio. Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión (10 cladodios por accesión) y registrar la moda.

- 0 Ninguna
- 3 Baja
- 5 Intermedia
- 7 Alta

### 4.2.2. Descriptores cuantitativos

#### 4.2.2.1. Longitud del cladodio (cm) (\*)

Medir la distancia desde la base hasta el ápice del cladodio (Figura 10). Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión (10 cladodios por accesión) y registrar el promedio.



Figura 10. Medición de la longitud del cladodio de la planta de tuna

#### 4.2.2.2. Ancho del cladodio (cm) (\*)

Medir la distancia mayor entre los bordes laterales del cladodio (Figura 11). Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión (10 cladodios por accesión) y registrar el promedio.



Figura 11. Medición del ancho del cladodio de la planta de tuna

#### 4.2.2.3. Grosor del cladodio (cm) (\*)

Medir el grosor del cladodio (Figura 12). Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión (10 cladodios por accesión) y registrar el promedio.



Figura 12. Medición del grosor del cladodio de la planta de tuna

#### 4.2.2.4. Número de aréolas por cladodio (\*)

Contar las areolas de una cara del cladodio (Figura 13). Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión (10 cladodios por accesión) y registrar el promedio.



Figura 13. Conteo de areolas del cladodio de la planta de tuna

#### 4.2.2.5. Número de frutos por cladodio

Evaluar en cladodios con frutos maduros. Contar los frutos presentes en el cladodio (Figura 14). Considerar 2 cladodios por planta de 5 plantas por accesión (10 cladodios por accesión) y registrar el promedio.

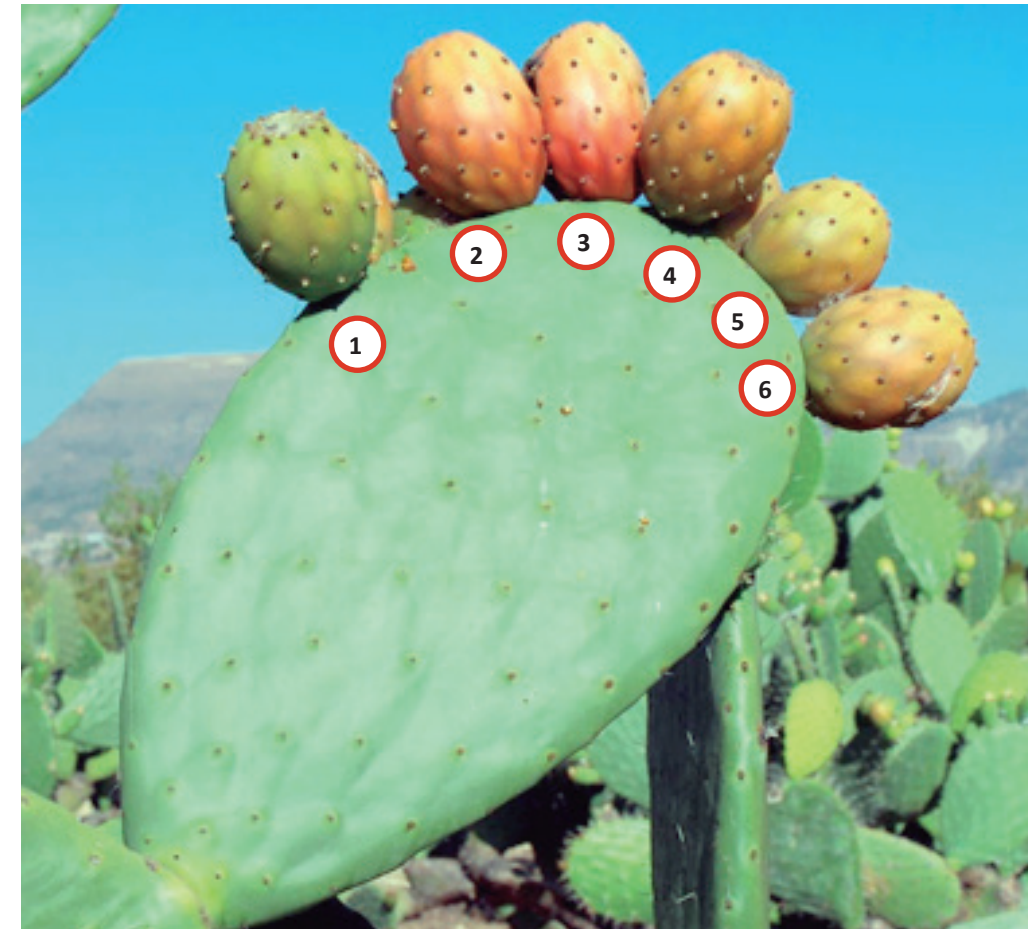


Figura 14. Conteo de frutos por cladodio de la planta de tuna

## 4.3. FLOR

Realizar estas observaciones durante la apertura floral.

### 4.3.1. Descriptores cualitativos

#### 4.3.1.1. Color del lóbulo del estigma

Observar y clasificar el color del lóbulo del estigma (Figura 15). Considerar 2 flores por planta de 5 plantas por accesión (10 flores por accesión) y registrar la moda.

- 0 Estigma sin lóbulo
- 1 Verde claro
- 2 Verde amarillento

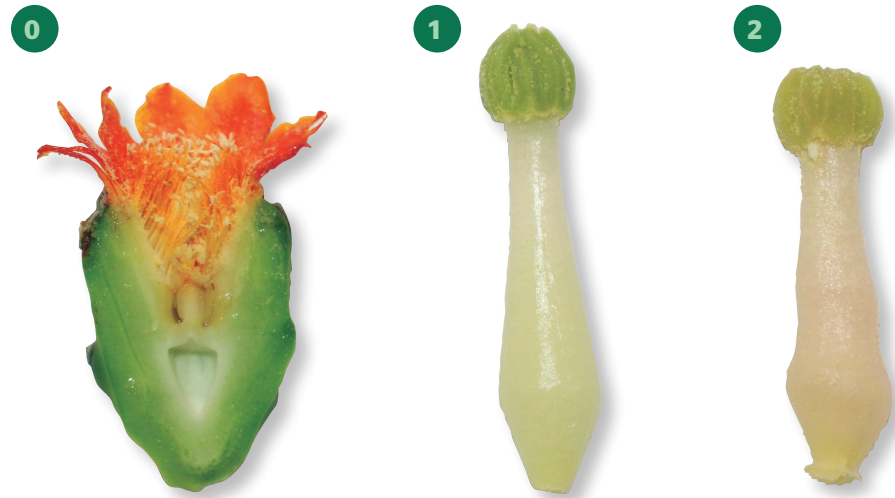


Figura 15. Color del estigma de la flor de tuna: (0) Estigma sin lóbulo, (1) verde claro, (2) verde amarillento

#### 4.3.1.2. Forma del receptáculo

Observar y clasificar la forma del receptáculo floral (Figura 16). Considerar 2 flores por planta de 5 plantas por accesión (10 flores por accesión) y registrar la moda.

- 1 Semielíptica corta
- 2 Semielíptica larga
- 3 Semitrapezoidal
- 4 Cónica

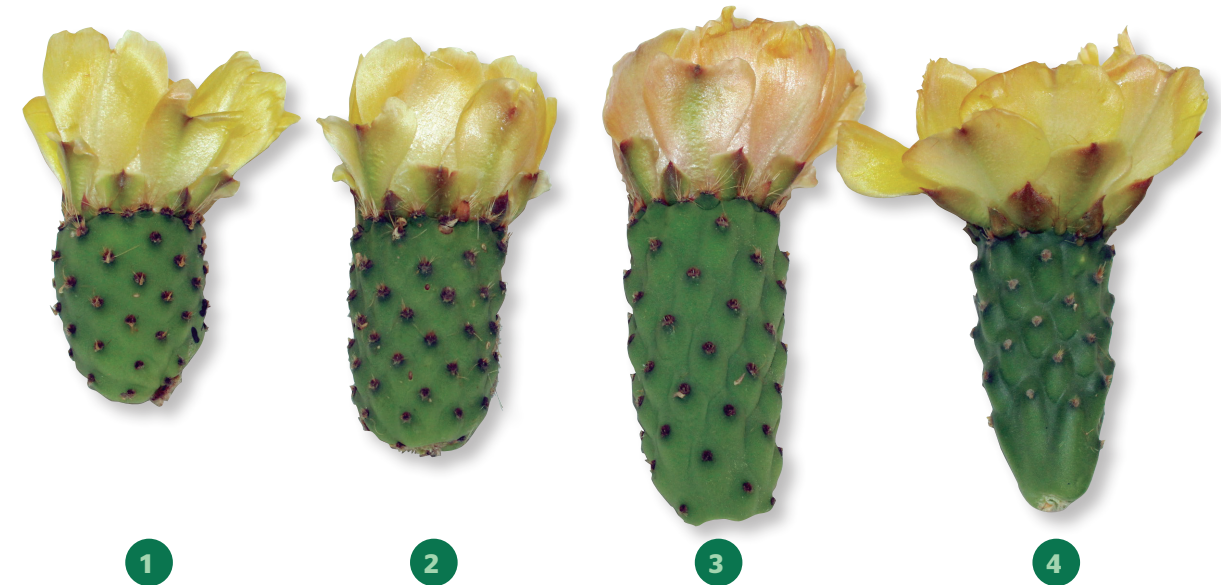


Figura 16. Forma del receptáculo de la flor de tuna: (1) Semielíptica corta, (2) semielíptica larga, (3) semitrapezoidal, (4) cónica

### 4.3.1.3. Color de pétalos

Observar y clasificar el color de los pétalos (Figura 17). Considerar 2 flores por planta de 5 plantas por accesión (10 flores por accesión) y registrar la moda.

- 1 Amarillo
- 2 Amarillo pálido (\*)
- 3 Naranja
- 4 Rosado



**Figura 17.** Color de pétalos de la flor de tuna: (1) Amarillo, (2) amarillo pálido, (3) naranja, (4) rosado

### 4.3.2. Descriptores cuantitativos

#### 4.3.2.1. Longitud de flor (mm)

Medir la distancia desde la base del receptáculo hasta el extremo distal del pétalo (Figura 18). Considerar 2 flores por planta de 5 plantas por accesión (10 flores por accesión) y registrar el promedio.



**Figura 18.** Medición de la longitud de la flor de tuna

#### 4.3.2.2. Longitud de receptáculo (mm)

Medir la distancia desde la base hasta el extremo distal del receptáculo (Figura 19). Considerar 2 flores por planta de 5 plantas por accesión (10 flores por accesión) y registrar el promedio.



Figura 19. Medición de la longitud del receptáculo de la flor de tuna

#### 4.3.2.3. Diámetro de receptáculo (mm)

Medir el diámetro de la parte central del receptáculo (Figura 20). Considerar 2 flores por planta de 5 plantas por accesión (10 flores por accesión) y registrar el promedio.



Figura 20. Medición del diámetro del receptáculo de la flor de tuna

#### 4.3.2.4. Longitud de perianto (mm)

Medir la distancia desde la base hasta el extremo distal del pétalo (Figura 21). Considerar 2 flores por planta de 5 plantas por accesión (10 flores por accesión) y registrar el promedio.



Figura 21. Medición de la longitud del perianto de la flor de tuna

#### 4.3.2.5. Diámetro de perianto (mm)

Medir el diámetro del perianto (Figura 22). Considerar 2 flores por planta de 5 plantas por accesión (10 flores por accesión) y registrar el promedio.



Figura 22. Medición del diámetro del perianto de la flor de tuna.

### 4.3.2.6. Número de pétalos (\*)

Contar los pétalos por flor (Figura 23). Considerar 2 flores por planta de 5 plantas por accesión (10 flores por accesión) y registrar el promedio.



Figura 23. Conteo de número de pétalos de la flor de tuna

## 4.4. FRUTO

Realizar las observaciones y evaluaciones en frutos fisiológicamente maduros.

### 4.4.1. Descriptores cualitativos

#### 4.4.1.1. Forma del fruto

Observar y clasificar la forma del fruto maduro (Figura 24). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- |            |                       |
|------------|-----------------------|
| 1 Redondo  | 4 Oblongo             |
| 2 Ovoide   | 5 Cónico              |
| 3 Elíptico | 6 Oblongo pedunculado |

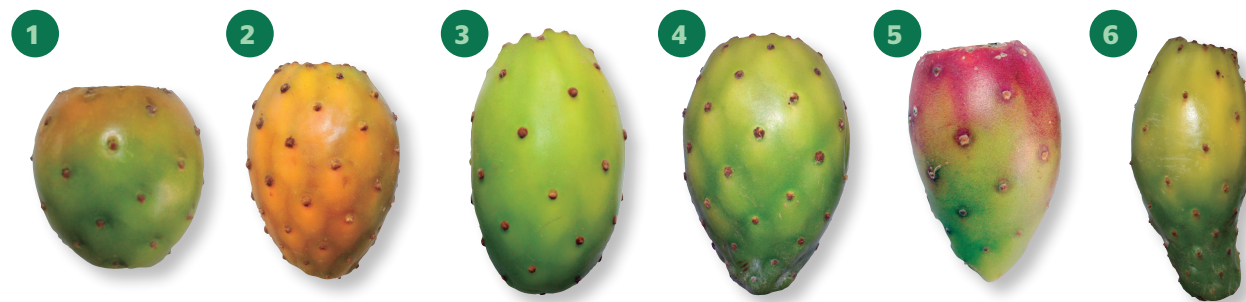


Figura 24. Forma del fruto de tuna: (1) Redondo, (2) ovoide, (3) elíptico, (4) oblongo, (5) cónico, (6) oblongo pedunculado

### 4.4.1.2. Tamaño del fruto

Observar y clasificar el tamaño del fruto maduro. Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Muy pequeño (< 80 g)
- 2 Pequeño (81-120 g)
- 3 Mediano (121-150 g)
- 4 Grande (151-200 g)
- 5 Muy grande (> 200 g)

### 4.4.1.3. Depresión de la cicatriz del receptáculo

Observar y clasificar la depresión de la cicatriz del receptáculo del fruto maduro (Figura 25). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Elevado (> 0 mm)
- 2 Aplanado (0 a -2 mm)
- 3 Semihundido (-6 a -9 mm)
- 4 Hundido (-6 a -9 mm)
- 5 Muy hundido (> -10 mm)

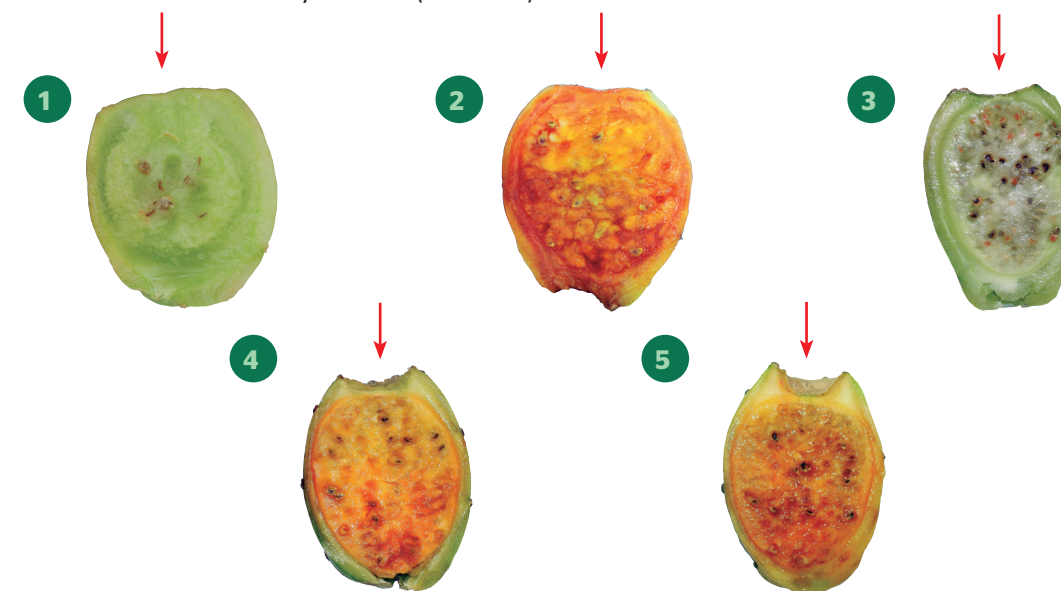


Figura 25. Depresión de la cicatriz del receptáculo del fruto de tuna: (1) Elevado, (2) aplanado, (3) semihundido, (4) hundido, (5) muy hundido

#### 4.4.1.4. Desarrollo del pedúnculo (\*)

Observar y clasificar el desarrollo del pedúnculo del fruto maduro (Figura 26). Considerar 2 frutos por planta de cinco plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 0 Sin desarrollo
- 3 Poco desarrollado
- 5 Medianamente desarrollado
- 7 Muy desarrollado



Figura 26. Desarrollo del pedúnculo del fruto de tuna: (0) Sin desarrollo, (3) poco desarrollado, (5) medianamente desarrollado, (7) muy desarrollado

#### 4.4.1.5. Color de la cáscara del fruto

Observar y clasificar el color de la cáscara del fruto maduro (Figura 27). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Amarillo limón
- 2 Rosado verdoso
- 3 Rojo amarillento
- 4 Rojo naranja
- 5 Rojo oscuro
- 6 Morado
- 7 Morado intenso
- 8 Morado verdoso



Figura 27. Color de la cáscara del fruto de tuna: (1) Amarillo limón, (2) rosado verdoso, (3) rojo amarillento, (4) rojo naranja, (5) rojo oscuro, (6) morado, (7) morado intenso, (8) morado verdoso

#### 4.4.1.6. Gloquidios sobre la cáscara del fruto

Observar y clasificar la presencia de gloquidios sobre la cáscara del fruto maduro (Figura 28). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 3 Escasa
- 5 Intermedia
- 7 Abundante



Figura 28. Gloquidios sobre la cáscara del fruto de tuna: (3) Escasa, (5) intermedia y (7) abundante

#### 4.4.1.7. Espinas en el fruto

Observar y clasificar la presencia de espinas sobre el fruto maduro (Figura 29). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 0 Ausente
- 1 Presente



Figura 29. Espinas presentes en el fruto de tuna: (0) Ausente, (1) presente

#### 4.4.1.8. Color de gloquidios

Observar y clasificar el color de los gloquidios del fruto maduro (Figura 30). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Marrón pálido
- 2 Marrón canela
- 3 Gris

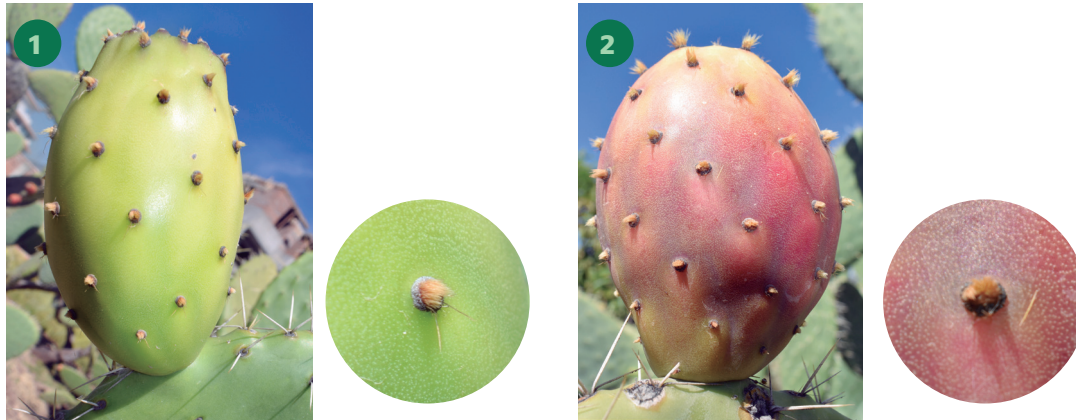


Figura 30. Color de gloquidios del fruto de tuna. 1 Marrón pálido. 2 Marrón canela.

#### 4.4.1.9. Color de pulpa

Observar y clasificar el color de la pulpa del fruto maduro (Figura 31). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Blanco cremoso
- 2 Blanco amarillento
- 3 Verde claro
- 4 Amarillo zapallo
- 5 Naranja
- 6 Rojo teja
- 7 Morado
- 8 Morado intenso



Figura 31. Color de la pulpa fruto de tuna: (1) Blanco cremoso, (2) blanco amarillento, (3) verde claro, (4) amarillo zapallo, (5) naranja, (6) rojo teja, (7) morado, (8) morado intenso

#### 4.4.1.10. Consistencia de la pulpa

Observar y clasificar la consistencia de la pulpa del fruto maduro. Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Suelta
- 2 Media
- 3 Compacta

#### 4.4.1.11. Sabor de la pulpa

Probar y clasificar el sabor de la pulpa del fruto maduro. Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Agridulce
- 2 Poco dulce
- 3 Dulce
- 4 Muy dulce

#### 4.4.2. Descriptores cuantitativos

##### 4.4.2.1. Peso del fruto (g)

Determinar el peso del fruto maduro (Figura 32). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 32. Pesado del fruto de tuna

##### 4.4.2.2. Longitud del fruto (mm)

Medir la distancia desde la base del pedúnculo hasta el borde de la cicatriz del receptáculo del fruto maduro (Figura 33). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 33. Medición de la longitud del fruto de tuna

##### 4.4.2.3. Diámetro del fruto (mm)

Medir el diámetro en la parte más ancha del fruto maduro (Figura 34). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 34. Medición del diámetro del fruto de tuna

#### 4.4.2.4. Diámetro de cicatriz del receptáculo (mm)

Medir el diámetro de la cicatriz del receptáculo del fruto maduro (Figura 35). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 35. Medición del diámetro de la cicatriz del receptáculo del fruto de tuna

#### 4.4.2.5. Depresión de cicatriz del receptáculo (mm)

Medir la depresión de la cicatriz del receptáculo del fruto maduro (Figura 36). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 36. Medición de la depresión de la cicatriz del receptáculo del fruto de tuna

#### 4.4.2.6. Peso de la cáscara (g)

Determinar el peso de la cáscara del fruto maduro (Figura 37). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 37. Pesado de la cáscara del fruto de tuna

#### 4.4.2.7. Grosor de la cáscara (mm)

Medir el grosor de la cáscara del fruto maduro (Figura 38). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 38. Medición del grosor de la cáscara del fruto de tuna

#### 4.4.2.8. Peso de la pulpa (g)

Determinar el peso de la pulpa con semillas del fruto maduro (Figura 39). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.

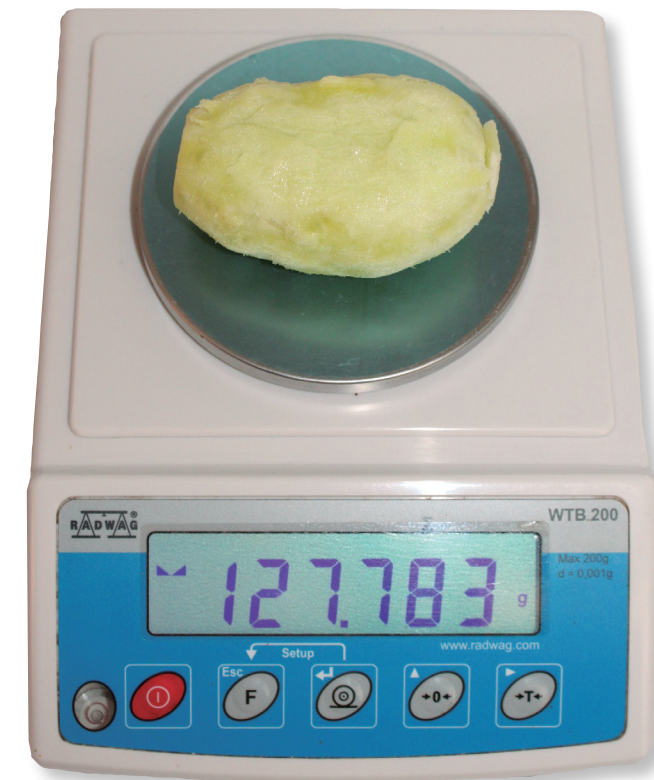


Figura 39. Pesado de la pulpa del fruto de tuna

#### 4.4.2.9. Número de areolas por fruto

Contar las areolas presentes en el fruto maduro (Figura 40). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.

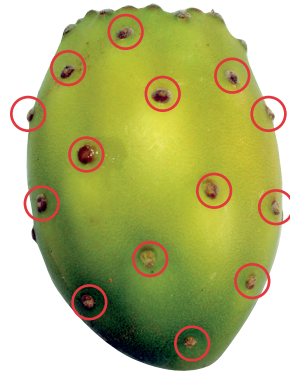


Figura 40. Conteo de areolas del fruto de tuna

#### 4.4.2.10. Grados Brix (°Brix) (\*)

Medir los grados Brix en una gota de jugo extraído del fruto maduro (Figura 41). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 41. Medición de grados Brix en una muestra de jugo de fruto de tuna

### 4.5. SEMILLA

#### 4.5.1. Descriptores cualitativos

##### 4.5.1.1. Forma de la semilla

Observar y clasificar la forma de las semillas del fruto maduro (Figura 42). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Elíptica alargada
- 2 Redonda
- 3 Reniforme
- 4 Espiral lobulada
- 5 Reniforme lobulada



Figura 42. Forma de la semilla de tuna: (1) Elíptica alargada, (2) redonda, (3) reniforme, (4) espiral lobulada, (5) reniforme lobulada

#### 4.5.1.2. Tamaño de la semilla

Observar y clasificar el tamaño de las semillas del fruto maduro. Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Pequeña (< 3.50 mm de longitud)
- 2 Mediana (3.00-4.50 mm de longitud)
- 3 Grande (> 4.50 mm de longitud)

#### 4.5.1.3. Abundancia de semillas en el fruto

Observar y clasificar la abundancia de semillas del fruto maduro. Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar la moda.

- 1 Muy escasa (< 100)
- 2 Escasa (101-200)
- 3 Intermedia (201-300)
- 4 Abundante (301-500)
- 5 Muy abundante (> 500)

### 4.5.2. Descriptores cuantitativos

#### 4.5.2.1. Longitud de semilla (mm) (\*)

Medir la longitud de una semilla tomada al azar de un fruto maduro (Figura 43). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 semillas por accesión) y registrar el promedio.



Figura 43. Medición de la longitud de semilla de tuna

#### 4.5.2.2. Ancho de la semilla (mm) (\*)

Medir el ancho de una semilla tomada al azar de un fruto maduro (Figura 44). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 semillas por accesión) y registrar el promedio.



Figura 44. Medición del ancho de la semilla de tuna

#### 4.5.2.3. Número de semillas por fruto (\*)

Contar las semillas presentes en un fruto maduro (Figura 45). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 45. Número de semillas de un fruto de tuna

#### 4.5.2.4. Peso de semillas por fruto (g) (\*)

Pesar las semillas presentes en un fruto maduro (Figura 46). Considerar 2 frutos por planta de 5 plantas por accesión (10 frutos por accesión) y registrar el promedio.



Figura 46. Determinación del peso de semillas de un fruto de tuna.

## 4.6. SUSCEPTIBILIDAD A PLAGAS Y ENFERMEDADES

### 4.6.1. Enfermedades

Cercosporiosis (*Cercospora* sp.) (Figura 47)

*Pseudomonas* sp.

*Agrobacterium* sp.

*Erwinia* sp.

*Xanthomonas* sp.



Figura 47. Cladodio de tuna con cercosporiosis (*Cercospora* sp.)

## 4.6.2. Plagas

Cochinilla (*Dactylopius* spp.) (Figura 48)

Trips (*Frankliniella* sp., *Sericotrips* sp.) (Figura 49)

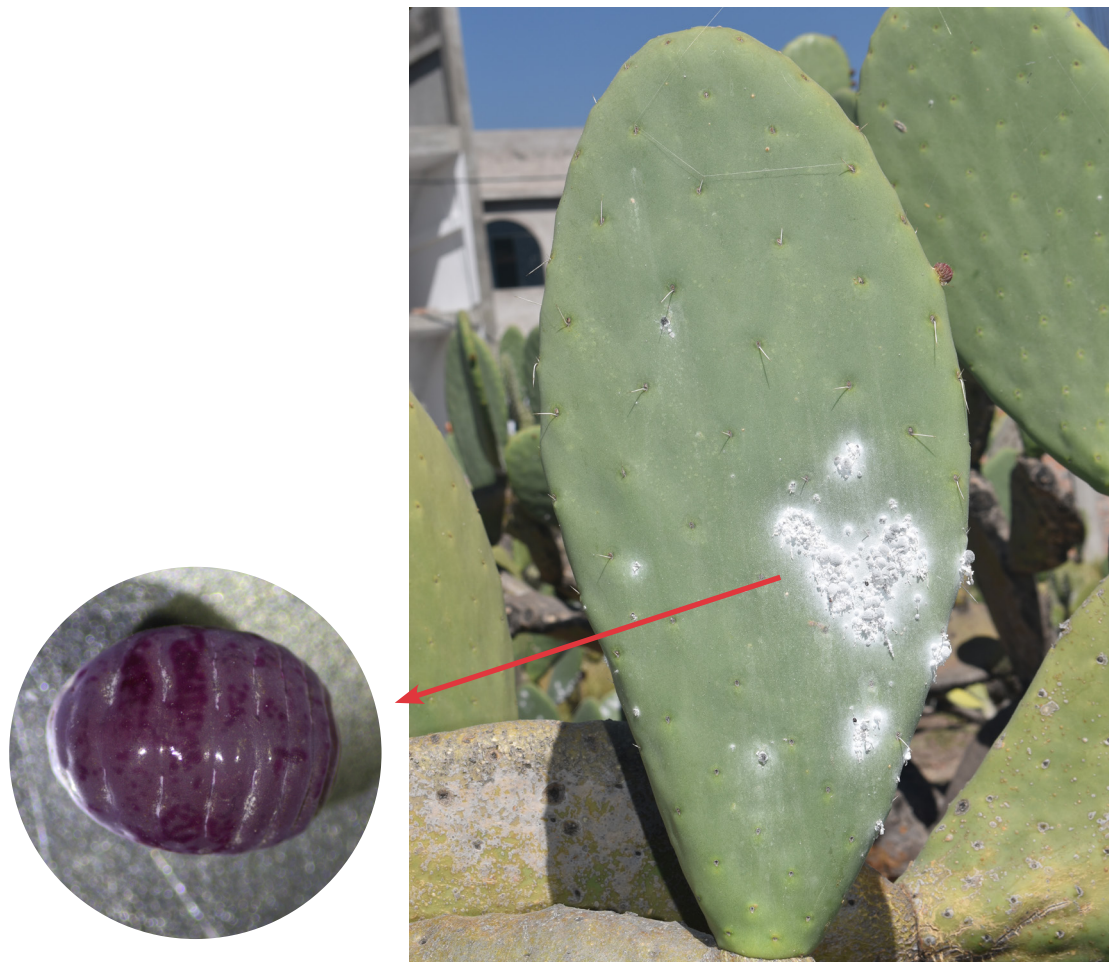


Figura 48. Cladodio de tuna infestado con cochinilla



Figura 49. Frutos de tuna con daños producidos por trips



## 5

## Referencias bibliográficas

- Barba, F. J., Garcia, C., Fessard, A., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Aboudia, A., Ouadia, A., y Remize, F. (2020). *Opuntia ficus indica* edible parts: A Food and Nutritional Security Perspective. *Food Reviews International*, 38(5), 930-952. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1756844>
- Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Pérez-Negrón, E., y Valiente-Banuet, A. (2003). Manejo y Domesticación de Cactáceas en Mesoamérica. *Zonas Áridas*, (7), 73-103. [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Casas/publication/283512892\\_Manejo\\_y\\_domesticacion\\_de\\_cactaceas\\_en\\_Mesoamerica/links/563caace08aec6f17dd7b3fc/Manejo-y-domesticacion-de-cactaceas-en-Mesoamerica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Casas/publication/283512892_Manejo_y_domesticacion_de_cactaceas_en_Mesoamerica/links/563caace08aec6f17dd7b3fc/Manejo-y-domesticacion-de-cactaceas-en-Mesoamerica.pdf)
- Chessa, I., y Nieddu, G. (1997). Descriptors for cactus pear (*Opuntia* spp.). *Cactusnet Newsletter*, Special Issue, 1-39.
- de Wit, M., du Toit, A., Osthoff, G., y Hugo, A. (2019). Cactus pear antioxidants: a comparison between fruit pulp, fruit peel, fruit seeds and cladodes of eight different cactus pear cultivars (*Opuntia ficus-indica* and *Opuntia robusta*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(3), 2347-2356. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00154-z>
- Dubeux, J. C. B., Salem, H. B., y Nefzaoui, A. (2018). Producción y utilización de nopal forrajero en la nutrición animal. En P. Inglese, C. Mondragon, y A. Nefzaoui (Eds.), *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal* (pp. 77-96). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas (ICARDA). <https://www.fao.org/3/i7628es/i7628es.pdf>
- Edvan, R. L., Mota, R. R. M., Dias-Silva, T. P., Nascimento, R. R. do, Sousa, S.V. de, Silva, A. L. da, Araújo, M. J. de, y Araújo, J. S. (2020). Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. *Scientific Reports*, 10, 10040. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66972-0>
- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. S., Latruffe, N., Lizard, G., Nasser, B., y Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease. *Molecules*, 19(9), 14879-14901. <https://doi.org/10.3390/molecules190914879>

- Griffith, M. P. (2004). The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *American Journal of Botany*, 91(11), 1915-1921. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.11.1915>
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS) (2023). *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. United States Government. Recuperado el 1 de agosto de 2023 de [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=19706#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=19706#null)
- Novoa, S. (2006). Sobre el origen de la tuna en el Perú. Algunos alcances. *Zonas Áridas*, (10), 174-181. <http://www.lamolina.edu.pe/ciza/PDFs/Art%2013-%20ZA10.pdf>
- Pérez-Torrero, E., Garcia-Tovar, S. E., Luna-Rodriguez, L. E., y Rodríguez-García, M. E. (2017). Chemical Composition of Prickly Pads from (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller Related to Maturity Stage and Environment. *International Journal of Plant Biology & Research*, 5(2), 1062. <https://www.jscimedcentral.com/journal-article-pdf/International-Journal-of-Plant-Biology-%26-Research/plantbiology-5-1062.pdf>
- Rodrigues, C., Paula, C. D. de, Lahbouki, S., Meddich, A., Outzourhit, A., Rashad, M., Pari, L., Coelho, I., Fernando, A. L., y Souza, V. G. L. (2023). *Opuntia* spp.: An Overview of the Bioactive Profile and Food Applications of This Versatile Crop Adapted to Arid Lands. *Foods*, 12(7), 1465. <https://doi.org/10.3390/foods12071465>
- Scalisi, A., Morandi, B., Inglese, P., Lo Bianco, R. (2016). Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. *Environmental and Experimental Botany*, 122, 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.10.003>
- Sipango, N., Ravhuhali, K. E., Sebola, N. A., Hawu, O., Mabelebele, M., Mokoboki, H. K., y Moyo, B. (2022). Prickly Pear (*Opuntia* spp.) as an Invasive Species and a Potential Fodder Resource for Ruminant Animals. *Sustainability*, 14(7), 3719. <https://doi.org/10.3390/su14073719>
- Stavi, I. (2022). Ecosystem services related with *Opuntia ficus-indica* (prickly pear cactus): a review of challenges and opportunities. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46(6), 815-841. <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2076185>





*Instituto Nacional de Innovación Agraria*



**D. : Av. La Molina 1981, La Molina**  
T. : (511) 240-2100 / 240-2350  
[www.gob.pe/inia](http://www.gob.pe/inia)

ISBN: 978-9972-44-148-6









PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



*Instituto Nacional de Innovación Agraria*

 @INIAPeru  @INIAPeru  @iniaperu  @IniaPeru  @iniaperu  @iniaperu