

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**Fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp*  
“tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-  
Canaán INIA, Ayacucho 2016.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGO EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y  
RECURSOS NATURALES**

**Presentado por:  
Bach. GUTIÉRREZ FUENTES, Kevin**

**AYACUCHO – PERÚ  
2019**



A mis padres Teodoro y María,  
a mis hermanos, familiares y  
amigos



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por guiarme en el camino y fortalecerme espiritualmente para empezar un camino lleno de éxito.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma Máter* de mi Formación Profesional.

A los profesionales de la Facultad de Ciencias Biológicas, a mis maestros de la Escuela Profesional de Biología, especialidad de Ecología y Recursos Naturales por sus enseñanzas.

Muestro mis más sinceros agradecimientos a mi asesor de proyecto Blgo. Edwin Portal Quicaña, quien con su conocimiento y su guía fue una pieza clave para que pudiera desarrollar una clave de hechos que fueron imprescindibles para cada etapa de desarrollo del trabajo.

Al Dr. Liberato Portillo Martínez, profesor investigador titular del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara de México, quien me facilitó de artículos e investigaciones referente al tema investigado.

Al Ing. Juan Ignacio Tineo Canchari especialista en Biodiversidad y Recursos Genéticos, responsable del Banco Nacional de Germoplasma *Opuntia sp* "tuna" de la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA por haberme permitido realizar el trabajo de investigación en sus instalaciones.

Así, quiero mostrar mi gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta, de este sueño que es tan importante para mí, agradecer todas sus ayudas, sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

Por último, quiero agradecer a la base de todo, a mi familia, en especial a mis padres Teodoro y María, cuyos consejos fueron mi constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión y sobre todo por su amor.

¡Muchas gracias por todo!



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Bases Teóricas	5
2.2.1. La tuna " <i>Opuntia sp</i> "	5
2.2.2. Clasificación taxonómica de la <i>Opuntia sp</i> "tuna"	6
2.2.3. Origen y distribución de la <i>Opuntia sp</i> "tuna"	6
2.2.4. Fenología de la <i>Opuntia sp</i> "tuna"	8
2.2.5. Floración de <i>Opuntia sp</i> "tuna"	9
2.2.6. Fructificación de <i>Opuntia sp</i> "tuna"	9
2.2.7. Maduración del fruto de <i>Opuntia sp</i> "tuna"	10
2.2.8. Datos ecológicos de la <i>Opuntia sp</i> "tuna"	10
2.2.9. Características botánicas de la <i>Opuntia sp</i> "tuna"	11
2.2.10. Características de frutos	13
2.2.11. Usos e importancia ecológica de la <i>Opuntia sp</i> "tuna"	14
2.2.12. Sanidad vegetal de la <i>Opuntia sp</i> "tuna"	16
2.2.13. Banco de germoplasma.	19
2.2.14. Banco de germoplasma local y nacional	20
2.2.15. Banco nacional de germoplasma de tuna	21
2.3. Marco conceptual	21
2.3.1. Fenología	21
2.3.2. Floración	21
2.3.3. Fructificación	21
2.3.4. Germoplasma	22
2.3.5. Banco de germoplasma	22
2.4. Marco legal	22

2.4.1.	La Constitución Política del Perú de 1993	22
2.4.2.	Ley N° 28611 Ley General del Ambiente	22
2.4.3.	Ley N° 26821 Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales	23
2.4.4.	Ley N° 26839 sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1.	Zona de estudio	25
3.1.1.	Ubicación política	25
3.1.2.	Ubicación geográfica	25
3.1.3.	Material vegetativo	27
3.2.	Población muestral	28
3.2.1.	Población	28
3.2.2.	Muestra	28
3.3.	Muestreo	29
3.4.	Diseño metodológico	29
3.4.1.	Descripción de la metodología de las variables fenología de la floración y fructificación	29
3.5.	Tipo de investigación	30
3.6.	Análisis estadístico	30
IV.	RESULTADOS	33
V.	DISCUSIÓN	51
VI.	CONCLUSIONES	61
VII.	RECOMENDACIONES	63
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
	ANEXOS	69



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Plagas más frecuentes en la <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	18
Tabla 2. Bancos Nacionales.	20
Tabla 3. Bancos locales de tuberosas y raíces andinas.	20
Tabla 4. Pasaporte de los 10 biotipos evaluados del <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA.	27
Tabla 5. Individuos seleccionados por cada biotipo para la evaluación correspondiente.	28
Tabla 6. Metodología empleada para la determinación de la fenología de la floración y fructificación de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del banco Nacional de Germoplasma de la EEA Canaán INIA, Ayacucho.	29
Tabla 7. Rango de valores de correlación de Pearson, que va desde 0 hasta 1.	31
Tabla 8. Resumen de contraste de hipótesis para los días desde la Emergencia hasta la Antesis y Antesis hasta la madurez, según biotipos.	35
Tabla 9. Resumen de contraste de hipótesis para los días desde la Emergencia hasta la Antesis y Antesis hasta la madurez, según épocas de evaluación.	37
Tabla 10. Porcentaje de apertura floral (antesis) de 10 biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” en tres épocas de evaluación en el Banco Nacional de Germoplasma de la EEA – Canaán INÍA, Ayacucho.	44
Tabla 11. Correlaciones de Pearson.	50



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de <i>Opuntia sp</i> en el mundo.	7
Figura 2. Representación de <i>Opuntia</i> en la cerámica moche.	7
Figura 3. Evolución del desarrollo y maduración de frutos de tuna ( <i>Opuntia sp</i> ).	9
Figura 4. Ubicación de la Estación Experimental Agraria - Canaán del Instituto Nacional de Investigación Agraria.	26
Figura 5. Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días desde la Emergencia hasta la Antesis de 10 biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	35
Figura 6. Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días desde la Antesis hasta la Madurez de 10 biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	36
Figura 7. Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días desde la Emergencia hasta la Antesis de 10 biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” según épocas del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	37
Figura 8. Comparación por parejas de épocas para los días desde la Emergencia hasta la Antesis de 10 biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	38
Figura 9. Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes para los días desde la Antesis hasta la Maduración de 10 biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” según épocas del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	39
Figura 10. Comparación por parejas de épocas para los días desde la Antesis hasta la Maduración de 10 biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	40
Figura 11. Fenología de la floración y fructificación de la <i>Opuntia sp</i> “tuna” de la primera época de evaluación (8 de mayo) desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez del fruto (M) en el Banco de germoplasma de la EEA – Canaán INIA, Ayacucho.	41

Figura 12.	Fenología de la floración y fructificación de la <i>Opuntia sp</i> “tuna” de la segunda época de evaluación (9 de junio) desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez del fruto (M) en el Banco de germoplasma de la EEA – Canaán INIA, Ayacucho.	42
Figura 13.	Fenología de la floración y fructificación de la <i>Opuntia sp</i> “tuna” de la tercera época de evaluación (7 de agosto) desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez del fruto (M) en el Banco de germoplasma de la EEA – Canaán INIA, Ayacucho.	43
Figura 14.	Secuencia de la apertura floral correspondiente a dos días del biotipo PTI-023A en el Banco Nacional de Germoplasma de la EEA – Canaán INIA, Ayacucho.	45
Figura 15.	Secuencia de la apertura floral con duración de tres días correspondiente a los biotipos PTI 060, PTI-070, PTI-090, PTI-157, PTI-013, PTI-040, PTI-138, PTI-152, PTI-153	46
Figura 16.	Promedio de frutos según biotipo de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	47
Figura 17.	Peso promedio en gramos del fruto según biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	47
Figura 18.	Rendimiento de frutos en Kilogramos (Kg) según biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	48
Figura 19.	Promedio de frutos por biotipo según épocas de evaluación de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	48
Figura 20.	Peso promedio en gramos según épocas de evaluación de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	49
Figura 21	Rendimiento de frutos en kilogramos (Kg) según épocas de evaluación de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Ficha de evaluación para yemas florales y maduración del fruto.	71
Anexo 2. Ficha de evaluación para antesis.	72
Anexo 3. Ficha de evaluación para rendimiento de frutos por planta.	73
Anexo 4. Delimitación de las muestras de los distintos biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma – INIA – Ayacucho – 2018.	74
Anexo 5. Marcaje y evaluación de los frutos con sus respectivas repeticiones de los distintos biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma – INIA – Ayacucho – 2018.	75
Anexo 6. Prueba de normalidad para los días de floración según biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	76
Anexo 7. Comparación por parejas de Biotipos, para los días desde la Emergencia hasta la antesis de <i>Opuntia sp</i> “tuna.	77
Anexo 8. Comparación por parejas de Biotipos, para los días desde la Antesis hasta la Madurez del fruto de <i>Opuntia sp</i> “tuna.	78
Anexo 9. Prueba de normalidad para los días de floración por épocas de evaluación de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	79
Anexo 10. Prueba de normalidad de fructificación según biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	80
Anexo 11. Análisis de varianza de fructificación según biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	81
Anexo 12. Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el promedio de frutos por biotipo de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	82
Anexo 13. Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el peso promedio en gramos según biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	83
Anexo 14. Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el rendimiento de frutos en Kg según biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	84
Anexo 15. Prueba de normalidad de fructificación según épocas de evaluación de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	85
Anexo 16. Análisis de varianza de fructificación según épocas de evaluación de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	86

Anexo 17.	Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el promedio de frutos en Kg según épocas de evaluación de <i>Opuntia sp</i> “tuna.	87
Anexo 18.	Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el peso promedio en gramos según épocas de evaluación.	88
Anexo 19.	Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el rendimiento de frutos en Kg, según épocas de evaluación.	89
Anexo 20.	Prueba de normalidad para relacionar los biotipos con la fenología de la floración y fructificación de <i>Opuntia sp</i> “tuna”.	90
Anexo 21.	Correlación de Pearson entre las diferentes variables.	91
Anexo 22.	Promedio del número de días de la fenología de la floración de <i>Opuntia sp</i> tuna” de las tres épocas de evaluación (05 de mayo, 19 de junio y 7 de agosto del 2017).	92
Anexo 23.	Temperatura acumulada de la fenología de la floración de <i>Opuntia sp</i> “tuna” de las tres épocas de evaluación (05 de mayo, 19 de junio y 7 de agosto del 2017).	93
Anexo 24.	Número de días desde la emergencia de botón floral hasta la madurez hortícola del fruto, temperatura acumulada EBF- MH, promedio de frutos por biotipo, peso promedio de frutos y rendimiento de frutos.	94
Anexo 25.	Temperatura y precipitación registradas.	95
Anexo 26.	Matriz de consistencia.	96

## RESUMEN

La tuna, cactácea de crecimiento rápido, adaptada a condiciones ecofisiológicas adversas, endémica de América, una de las muchas riquezas del Perú. De gran importancia económica generando ingresos económicos a los pobladores rurales. A pesar de los múltiples beneficios que ofrece desde la raíz hasta los frutos aún no hay estudios suficientes sobre todo del fruto, razón por la cual el interés del estudio. El objetivo de la investigación fue determinar la fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* “tuna” en el Banco Nacional de Germoplasma perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA, Ayacucho ubicada a una altitud de 2740 m.s.n.m. El trabajo se desarrolló de junio 2017 - enero 2018. El tipo de investigación fue descriptivo donde se evaluaron 30 individuos de 10 biotipos de *Opuntia sp* para la fenología de la floración se evaluó en tres épocas, 05 de mayo, 19 de junio y 7 de agosto del 2017. Desde la emergencia del botón floral, antesis (periodo de apertura floral) y madurez del fruto; para las dos últimas etapas se registró los días que transcurrieron; para la variable fructificación se contó el total de los frutos maduros y verdes por biotipo. Los resultados de la variable fenología fueron los siguientes: desde la emergencia del botón floral (EBF) hasta la antesis (A) el biotipo PTI-157, PTI-013, PTI-138 necesitaron 47, 51 y 52 días, desde la A hasta la madurez hortícola (MH) el biotipo PTI-013, PTI-153 y PTI-157 requirieron 86, 89 y 92 días, la curva de crecimiento que experimentan es de tipo sigmoideo; en cuanto al porcentaje de apertura floral el biotipo PTI-023A tuvo una duración de dos días, mientras tanto el resto de los biotipos tienen una duración de tres días la cual se manifestó claramente en la tercera época de evaluación. La fructificación máxima se obtiene en el biotipo PTI-023, con 38 kilogramos/biotipo y la relación entre la fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* se determinó que existe una relación lineal positiva entre la época de evaluación - promedio de frutos por biotipos, época de evaluación – rendimiento de frutos, existe relación muy baja del tipo de biotipo con las diferentes variables evaluadas.

**Palabras clave:** Tuna, fenología, floración, fructificación, germoplasma, biotipo.





## INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los 10 países mega diversos, dentro del cual encontramos a los frutales nativos como la *Opuntia sp* “tuna”, importante en la alimentación del poblador andino. Hoy en día consumido por todos, por su agradable sabor y en diferentes presentaciones.

Para obtener fruta fuera del periodo, se requiere explorar diversas posibilidades de manejo como el uso de diferentes variedades y técnicas de producción (riego, nutrición, poda, entre otras). En cualquier alternativa, se requiere conocer la fenología del genotipo de interés, ya que la ocurrencia de las etapas del desarrollo, como la emergencia de yemas reproductivas, antesis (periodo de apertura floral) y madurez del fruto, depende de los factores del ambiente. El conocimiento de tal dependencia o relación podría modificar la fenología floral, tema que se ha estudiado poco en cactáceas. Una característica de estas plantas es que el desarrollo de la flor es asincrónico; es decir, en un momento determinado se pueden encontrar yemas reproductivas, flores en antesis y frutos jóvenes simultáneamente y algunas especies pueden tener una segunda floración.<sup>1</sup>

Es el principal ingreso económico de las familias del campo. Ayacucho aporta el 45 % de la producción nacional de tuna, con una extensión de más de 30 mil hectáreas de bosques silvestres con alta variabilidad genética, encontrándose la mayor parte en estado silvestre sin la respectiva identificación por variedades, manejo agronómico, a esto se suma la alta incidencia de enfermedades y plagas, que entre otros factores bajan el rendimiento y calidad de la fruta.<sup>2</sup>

En la Estación Experimental de Canaán- Ayacucho, se encuentra instalado el banco de germoplasma de los biotipos promisorios de tuna y su manejo es a nivel productivo. El estudio se basó en determinar la fenología de la floración y fructificación de 10 biotipos de *Opuntia sp* “tuna” (4 amarillos, 3 morados y 3 de tuna caigua), procedentes de cuatro departamentos del Perú, de los cuales siete

biotipos son de la región de Ayacucho, uno de la región de Junín, Ancash y Huancavelica. El estudio se realizó en la Estación Experimental de Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Ayacucho.

En el presente trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos.

**Objetivo general**

Determinar la Fenología de floración y fructificación de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.

**Objetivos específicos**

1. Determinar la Fenología de floración de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.
2. Comparar la fructificación entre los diferentes biotipos de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.
3. Relacionar los biotipos con la fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Producir tuna fuera de su época demanda nuevas técnicas y variedades, siendo importante conocer su fenología; Hernández en su trabajo fenología, productividad y calidad de frutos en *Opuntia ficus indica* caracterizó el tiempo de emergencia de yemas reproductivas, anthesis (periodo de apertura floral) y maduración del fruto; determinando los requerimientos térmicos de las dos últimas etapas y analizar el comportamiento de la apertura y cierre floral en *Opuntia sp* cv. CP- Azteca de frutos rojos. Se utilizaron plantas de cuatro años de edad con 20 a 50 repeticiones. Se calcularon los grados días de desarrollo (GDD) requeridos para la anthesis y madurez (M) de fruto a partir de la emergencia de yemas, con un método residual usando 0 °C como temperatura base, las que emergieron en febrero requirieron 68 días para llegar a la anthesis y 172 para la madurez; los correspondientes GDD fueron 1126 y 2618. La que emergieron en abril, requirieron 42 días para la anthesis y 152 para madurez; los correspondientes GDD fueron 1129 y 2613. La humedad relativa y el contenido de agua en el suelo no tuvieron efecto sobre los días de apertura y cierre floral.<sup>3</sup>

La estacionalidad del clima es el principal impulsor de los cambios fenológicos. Tal predictibilidad ambiental ha permitido la adaptación de la planta a condiciones extremas. Los patrones fenológicos también pueden responder a la cantidad y regularidad de la lluvia como es ilustrado por varios hacer frente a la sequía estrategias encontradas en naturaleza.<sup>4</sup>

En el año 2008 se realizaron estudios de la diversidad genética del género *Opuntia* en Italia, para lo cual se emplearon los marcadores moleculares cpSSR y AFLP, para establecer relaciones genéticas entre diferentes especies. Los resultados del análisis, empleando estos marcadores, dieron una estimación cuantitativa de relaciones genéticas entre especies de *Opuntia*, revelando que existe una similitud genética entre ellas, además de características morfológicas

analizadas se concluye que la especie *Opuntia ficus indica* deriva de la domesticación de la especie *Opuntia megacantha*, para lo cual se sugiere que se realicen además estudios de distribución geográfica.<sup>5</sup>

Estudio realizado en Chile sobre la fenología de la *Opuntia sp*, señala que la brotación y floración requieren una temperatura mínima de 15 a 16 °C, la floración y cosecha escalonada, de la diferenciación a antesis un periodo de 6 a 7 semanas y aproximadamente 100 días de flor a madurez. La plena producción se da a los cinco años de la planta.<sup>6</sup>

La estacionalidad de la cosecha es uno de los factores que limitan el precio de venta de la tuna, la cosecha se concentra en los meses de agosto a septiembre, debido a que más del 70% de la superficie ha sido establecida con los cultivares de nopal tunero: Burrón y Cristalina, para lo cual se revisaron algunas técnicas agronómicas para modificar la floración, maduración y obtención de tuna fuera de temporada, realizadas en otros países, en México y Zacatecas. Donde se concluye que es posible retrasar la época de cosecha en el cultivar Cristalina hasta por 45 días con ventajas comparativas en tamaño y firmeza del fruto a la cosecha y de la firmeza del fruto después del almacenamiento en comparación a los frutos de la primera floración. Sin embargo, el rendimiento por árbol se reduce significativamente.<sup>7</sup>

A nivel mundial, México es el principal productor de tuna, con alrededor de 20 mil productores, una superficie aproximada de 72,500 ha, ubicadas principalmente en tres regiones: Puebla, Valle de México y el Altiplano Potosino- Zacatecano; de ello, 10,500 ha se destina para la producción de nopalitos. El rendimiento promedio de los tunales mexicanos es de 7 TM/ha de tuna fruta (5 a 20 TM/ha son los extremos).<sup>8</sup>

La producción forzada se puede lograr mediante el adelanto o retraso de la iniciación del crecimiento y desarrollo del frutal, lo cual requiere conocer la fisiología y morfología de la floración, del letargo y del crecimiento vegetativo de la planta. Algunas técnicas para desfasar la producción, son: defoliación, aplicación de promotores del crecimiento, aplicación de retardantes del crecimiento, poda, aplicación de estimuladores de la brotación, manejo de riego y fertilización, el anillado. La práctica del anillado parcial en el nopal (*O. ficus indica*), promueve el aumento del número de yemas reproductivas y redujo el de las yemas vegetativas. Asimismo, promovió la brotación de la yema floral, con el consecuente adelanto de 51 días en la época de cosecha del fruto. Además, mejoró el tamaño del fruto y redujo la transpiración del cladodio.<sup>9</sup>

La fenología de las plantas está relacionada al clima (temperatura, radiación y humedad). Comprende fenómenos biológicos como la brotación de yemas, la inflorescencia y la maduración de los frutos. Es indispensable reconocer cada uno de estos cambios biológicos para determinar los momentos clave para la toma de decisiones en relación al manejo del cultivo (fertilización, irrigación, poda, aplicación de hormonas, control de enfermedades, etc.)<sup>10</sup>

El ciclo de desarrollo de los frutos de tuna a partir del inicio de floración en la planta hasta la completa maduración del fruto y el punto máximo de desarrollo y la madurez fisiológica de los frutos se obtiene 80 días después de la antesis.<sup>10</sup>

En el año 2006 se realizó la caracterización y evaluación de las tunas del Banco Nacional de Tunas (*Opuntia sp*)-Ayacucho, Perú, donde se realizó la caracterización molecular mediante AFLP, la evaluación de caracteres químicos del fruto y determinación de cromosomas para poder diferenciar la presencia de duplicados, así como determinar el grado de homogeneidad y heterogeneidad de las colecciones.<sup>11</sup>

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. La “tuna” *Opuntia sp*.**

El nopal (*Opuntia sp*) pertenece a la familia de las Cactáceas, originarias de América, pertenece a la familia de plantas de más amplia distribución y variación, incluyendo cerca de 98 géneros y más de 1500 especies y dentro de ella el género *Opuntia* es de los de mayor distribución y representatividad con más de 200 especies.<sup>12</sup>

Las plantas del género *Opuntia* son nativas de varios ambientes, desde zonas áridas al nivel del mar hasta territorios de gran altura como los Andes del Perú. Por esta razón, estas especies pueden ser un recurso genético de interés para zonas ecológicas muy diversas.<sup>13</sup>

Antonio Brack, estudioso y experto ecologista, señala en su libro “Perú, diez mil años de domesticación” que la tuna fue cultivada y consumida por los antiguos habitantes del Perú hace más de 2,000 años.

La tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) es una planta de gran importancia en los sistemas agro-pastoriles de los andes peruanos<sup>10</sup>, especialmente en los valles interandinos donde ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento.<sup>14</sup>

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) pertenece a la familia Cactaceae,<sup>15</sup> siendo las cactáceas especies endémicas del continente americano que se desarrollan principalmente en las regiones áridas y semiáridas.<sup>16</sup>

### 2.2.2. Clasificación taxonómica de la *Opuntia sp* “tuna”

La taxonomía de las tunas es sumamente compleja debido a que los fenotipos presentan gran variabilidad según las condiciones ambientales.<sup>13</sup> Además, es frecuente encontrar casos de poliploidía; ya que, se reproducen en forma sexual o asexual y existen numerosos híbridos interespecíficas, lo que complica más su clasificación.<sup>17</sup>

De acuerdo al sistema de clasificación botánica de A. Cronquist, se ubica en la siguiente categoría taxonómica.

Reino : Plantae  
División : Magnoliophyta  
Clase : Magnoliopsida  
Orden : Caryophyllales  
Familia : Cactaceae  
Subfamilia : Opuntioideae  
Género : *Opuntia*  
Especie : ***Opuntia sp***  
Nombre común : Perú “tuna”, España “higo chumbo”, Italia “fico d’India”, EE.UU. y Sudáfrica “cactus pear”, Israel “sabras” que significa “espinoso por fuera, pero dulce por dentro”, Brasil “palma forrageira”.<sup>10, 13</sup>

### 2.2.3. Origen y distribución de la *Opuntia sp* “tuna”

BRITTON & ROSE (1963) describen que el género *Opuntia* se creó en 1754, se incluyen especies con cladodios aplanados y cladodios cilíndricos.<sup>11</sup>

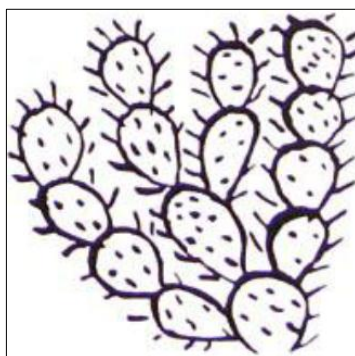
Es así como actualmente existen en forma silvestre o cultivada en el sur de España, y en toda la cuenca del Mediterráneo: Francia, Grecia, Italia y Turquía, llegando hasta Israel. Los árabes la llevaron desde España a África, difundiéndose en Argelia, Egipto, Eritrea, Etiopía, Libia, Marruecos y Túnez.<sup>13</sup> Sin embargo, su distribución es aún mayor; en el continente americano, se encuentra desde Canadá a Chile, en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Estados Unidos de América, México, Perú y Venezuela y varios países de América Central y el Caribe<sup>15</sup>. El género *Opuntia*, está constituido por especies que se adaptan a regiones donde las precipitaciones están comprendidas entre 200-300 mm por año.<sup>18</sup>



**Figura 1.** Distribución de *Opuntia sp* en el mundo.

Los primeros restos sobre el uso de cactáceas encontrados en el Perú se remonta a la época del horizonte pre-agrícola (10,000 años de antigüedad), y se encontraron en la cueva de Pachamachay en las cercanías del lago de Junín sobre los 4200 msnm. En ese sitio se hallaron semillas de una especie de *Opuntia* de una antigüedad de más de 11,800 años, la cual podría tratarse de *Austrocyllindropuntia floccosa*, que es la única que crece en tales altitudes y cuyos frutos aún siguen siendo consumidos en las serranías del centro y sur del país. Posteriormente se encontraron restos de opuntia y otras cactáceas, formando parte de ofrendas con las que se enterraban a los muertos como anzuelos, alfileres o peines hechos con espinas de *Austrocyllindropuntia exaltata* y *Neoraimondia arequipensis*.<sup>10</sup>

Las opuntias han sido documentadas como elementos importantes de las culturas paracas, nazca, moche, e inca. Sin embargo, el grupo de las platyopuntias dentro del que se encuentra la tuna, solo ha sido reportado en las culturas moche e inca. Especialmente es en la iconografía mochica en la que resaltan estos opuntias de tallos planos y redondeados (figura 2), probablemente se trata de *Opuntia macbridei*, la cual se distribuye ampliamente en el norte del país. Presumiblemente sus frutos eran consumidos por los moches que se distinguen en las cerámicas.<sup>10</sup>



**Figura 2.** Representación de *Opuntia* en la cerámica moche.<sup>10</sup>

#### **2.2.4. Fenología de la *Opuntia sp* “tuna”**

La fenología de las plantas está relacionada al clima (temperatura, insolación y humedad). Comprende fenómenos biológicos con ritmo periódico como son la brotación de yemas, la inflorescencia y la maduración de los frutos. Es indispensable reconocer cada uno de estos cambios biológicos para identificar los momentos clave para la toma de decisiones en relación al manejo del cultivo (fertilización, irrigación, poda, aplicación de hormonas, control de enfermedades, etc.).

La diferenciación visual de los pimpollos se puede realizar cuando el diámetro del brote alcanza aproximadamente los 4 mm. El período de desarrollo de la flor, desde brote hasta su madurez, es de aproximadamente 25-37 días. El período de desarrollo del fruto varía según las condiciones climáticas (especialmente con la temperatura) desde 59 a 150 días.<sup>10</sup>

Las flores de las cactáceas generalmente se abren y cierran el mismo día, la apertura floral de *Opuntia* típicamente dura 8 a 11 h, aunque algunas flores pueden abrir un segundo día.<sup>19, 20</sup>

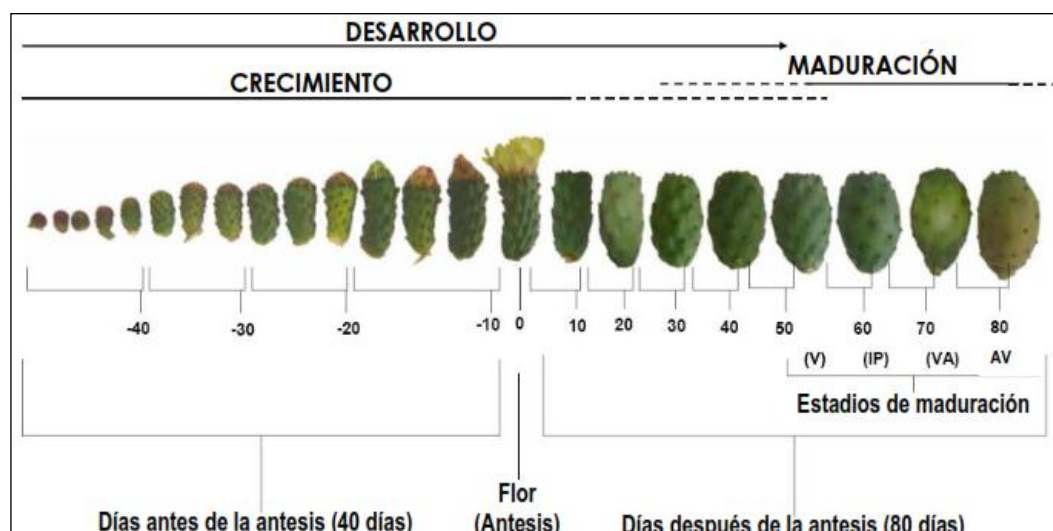
El momento de la apertura floral (antesis) marca el inicio de la polinización de las flores, los mecanismos de apertura y cierre tienen interés desde varios puntos de vista (fisiológico, molecular, etc.). desde el biológico, tienen importancia para la reproducción de la especie y su variabilidad genética.<sup>3</sup>

Una característica de estas plantas es que el desarrollo de la flor es asincrónico; es decir, en un momento determinado se pueden encontrar simultáneamente yemas reproductivas, flores en antesis y frutos jóvenes, algunas especies pueden tener una segunda floración<sup>1</sup>. En algunos la dehiscencia de anteras se presenta previamente a la apertura, fenómeno conocido como cleistogamia pre antesis que promueve la autopolinización.<sup>21</sup> La inducción floral en nopal y cactáceas en general es un proceso poco estudiado, solo se ha señalado que ocurre cuando las temperaturas son relativamente bajas.<sup>19</sup>

En la mayoría de estudios de fenología, no se ha relacionado la ocurrencia de antesis y maduración de frutos con la acumulación de unidades térmicas, como se ha hecho en cultivos anuales en los que se han desarrollado modelos para predecir la ocurrencia de diferentes etapas fenológicas.<sup>23</sup> La brotación y floración requieren una temperatura mínima de 15-16 °C.<sup>23</sup> El desarrollo floral, desde la yema floral hasta la antesis, requiere entre 21 y 75 días; la dehiscencia de las anteras puede ocurrir simultáneamente con la apertura floral o 12 h antes.<sup>21</sup>



Trabajos realizados por Inglese (2002) relacionaron el periodo de la antesis a maduración con tiempo térmico acumulado y Aounallah (2009) hicieron la relación de estados fenológicos desde emergencia de la yema a amarre de fruto.<sup>24</sup> Para el caso de nuestro país no se encontró información sobre el tema.



**Figura 3.** Evolución del desarrollo y maduración de frutos de tuna (*Opuntia sp.*).

Antes de la antesis, estadio de maduración, V (fruto verde); IP (inicio de la pigmentación amarillo); VA (verde amarillo), AV (amarillo verde).<sup>10</sup>

### 2.2.5. Floración de *Opuntia sp* “tuna”

Este periodo corresponde al lapso de tiempo en el cual se desarrollan las flores en las plantas y varía de acuerdo con la especie y a los factores naturales del sitio. Es la primera etapa del proceso reproductivo de las plantas superiores, requisito para la formación de las semillas e indicativo de la madurez de la planta.<sup>25</sup>

### 2.2.6. Fructificación de *Opuntia sp* “tuna”

Inmediatamente después de concluir la floración y posterior a la polinización, se da paso a la iniciación de las flores con la formación y madurez de los frutos y producción de semilla.

Desarrollo de Frutos: La auxina producida por el embrión que se está formando, promueve la maduración de las paredes del ovario y el desarrollo de los frutos.

Las Giberelinas promueven la fructificación y el crecimiento del fruto, promueve la floración y el desarrollo floral.<sup>25</sup>

El rendimiento en distintos países varía desde 4 toneladas/ ha.<sup>26</sup>, hasta 45 toneladas / ha. El principal motivo de estas diferencias probablemente se deba a las diferentes técnicas de manejo y diseños de cultivo implementados en cada lugar.<sup>27</sup>

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de México asevera que la productividad de las plantas depende del efecto acumulativo de muchos factores sobre el crecimiento. Este puede estar limitado por la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo y por el flujo de luz fotosintética. Las técnicas de manejo apuntan a optimizar esos factores para maximizar la productividad y mejorar la calidad de los frutos.<sup>28</sup>

### **2.2.7. Maduración del fruto de *Opuntia sp* “tuna”**

El crecimiento del fruto termina, en muchas especies, por una serie de proceso fisiológico característico, que se reúnen bajo el concepto de maduración del fruto.

Cambios que tienen lugar durante la maduración del fruto.

#### **1) Cambios físicos**

- Color (pérdida de clorofilas, acumulación de carotenoides, síntesis de antocianinas).
- Textura (alteraciones en paredes celulares, solubilización de la celulosa y pectinas, degradación de almidón, acumulación de azúcares, producción de compuestos volátiles).

#### **2) Cambios metabólicos**

- Aumento respiratorio.
- Síntesis y liberación de etileno.
- Metabolismo de almidón y ácidos orgánicos.
- Alteraciones en la restauración de rutas metabólicas.

### **2.2.8. Datos ecológicos de la *Opuntia sp* “tuna”**

Las plantas del género *Opuntia* se han desarrollado bien en distintos ambientes.<sup>29</sup> La tuna se desarrolla bien con temperaturas medias anuales entre 12-34 °C, con un rango óptimo de 16-23 °C. las heladas de -10 °C afectan al cultivo, sobre todo es plantaciones jóvenes.<sup>30</sup> Las bajas temperaturas (promedio diario menor a 15 °C) disminuyen el número de flores y alargan el período de maduración del fruto pudiendo llegar hasta después del invierno.<sup>31</sup> En la fructificación, cuando el promedio de temperatura diario llega a 25 °C el período de maduración de los frutos es muy corto, lo que obliga a una rápida cosecha para evitar que los frutos pierdan su calidad comercial.<sup>32</sup>

La tuna se produce en zonas con precipitaciones anuales desde 116 mm hasta 1805 mm, siendo el ideal 400-750 mm.<sup>31</sup> Al respecto, se señala que precipitaciones mayores a 1000 mm o menores a 200 mm limitan el crecimiento

del cultivo, la altitud tiene un margen de 800- 1800 msnm. <sup>33</sup> Se adapta bien a suelos con diversas texturas y composiciones, pero se desarrolla mejor en suelos arenosos, calcáreos, con al menos 30 cm de profundidad, bien drenados, pH 6,5-8,5 y pedregosos.<sup>16</sup> La tuna como planta rústica puede crecer desde el nivel del mar hasta los 3200 msnm. <sup>13</sup> En la actualidad, los bosques de tunales que producen fruta y cochinilla están concentrados entre 2000 a 2800 metros de altitud. En las zonas de menor altitud (muy bajas) se producen problemas fitosanitarios y en las zonas muy altas, productos de baja calidad.<sup>31</sup>

La tuna es un cultivo de zonas áridas y sub tropicales, que se ha adoptado a varios rangos de climas y suelos que puede crecer desde 800 a 3500 msnm., pero su producción óptima se observa en altitudes comprendidas entre 2600 y 2800 msnm. con temperaturas que van de 15 a 28 °C y una precipitación anual de 600 mm. Puede crecer en terrenos donde otros cultivos se ven limitados por el agua. Sin embargo, las plantaciones de tuna en Ayacucho y la costa peruana no han prosperado por no tener en cuenta las condiciones de suelo, principalmente el pH, exceso de carbonatos y la salinidad. Se desarrolla mejor en suelos calcáreos con ceniza volcánica de textura franca, franco arenoso, franco arenoso arcilloso y arenas francas con pH. de 6.5 a 7.5.<sup>2</sup>

De acuerdo al Sistema de clasificación de Holdridge, para nuestra localidad la distribución de la *Opuntia* se encuentra en la formación ecológica estepa espinosa Montano Bajo Subtropical (ee-MBS 2100-3100 msnm), es considerada indicadora de zonas xerofíticas, monte espinoso Subtropical (mte -S), bosque seco Montano Bajo Subtropical (bs – MBS).<sup>34</sup>

#### **2.2.9. Características botánicas de la *Opuntia* sp “tuna”**

Planta de 4 a 5 metros de altura o más, con un tronco leñoso, prolíferamente rameado y vigoroso; cladodios grandes, obovados a oblongos, fuertemente ahusado de 40 a 65 cm de largo o más y 30 cm de ancho, verde opaco pálido, ligeramente verde – verdoso opaco, las hojas diminutas, alcanzan 3 mm de longitud, verdes o moradas, areolas alfo pequeñas, espinas blancas, usualmente 1 a 5, ligeramente abiertas, de 2 a 4 cm de longitud, la predisponen como las pioneras en crianza de cochinilla, flores aproximadamente de 8 a 10 cm de longitud con ovario ínfero; fruto ovoide de 8 a 10 cm de largo.<sup>35</sup>

**Raíz.** El sistema radicular es perenne, extenso y superficial. Su estructura y funcionamiento le permiten captar con eficiencia la mayor cantidad de agua durante los breves periodos de lluvia. Es adventicia (las raíces secundarias no

nacen de la raíz principal sino de otras partes de la planta). Tiene un desarrollo rápido, formando una red o malla que aprisiona el suelo evitando la erosión. No suelen presentar pelos absorbentes, cuando se encuentra en un medio edáfico con escasa humedad, mientras que en suelos húmedos si existe un abundante desarrollo de estos.<sup>33</sup>

#### **a) Tallo**

Los nopales con artículos planos se denominan cladodios. Estos cuando están tiernos son muy suculentos y poco lignificados. Cuando están viejos poseen una cutícula lignificada y numerosas fibras que le dan una consistencia casi leñosa.<sup>30</sup>

Los tallos suculentos, comúnmente llamados pencas, presentan forma de raqueta ovoide o alargada alcanzando hasta 60-70 cm de longitud, dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles.<sup>30</sup>

El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas, está conformado por tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos.<sup>36</sup>

#### **b) Cladodios**

Forman las pencas, denominadas cladodios de 30 a 60cm. de largo x 20 a 40cm de ancho y de 2 a 3 cm de espesor. Sus ramas están formadas por pencas de color verde opaco con areolas que contienen espinas más o menos numerosas de color amarillas. Estas estructuras transforman la luz en energía química a través de la fotosíntesis y están recubiertos por una cutícula del tipo lipídica, interrumpida por la presencia de estomas, los mismos que permanecen cerrados durante el día. La cutícula del cladodio evita la deshidratación provocada por las altas temperaturas del verano. La hidratación normal del cladodio alcanza hasta un 95% de agua en peso.<sup>10</sup>

#### **c) Hojas**

Las hojas caducas sólo se observan sobre tallos tiernos, cuando se produce la renovación de pencas, en cuyas axilas se hallan las aérolas de las cuales brotan las espinas, de aproximadamente 4 a 5 mm de longitud. Las hojas desaparecen cuando las pencas han alcanzado un grado de desarrollo y en cuyo lugar quedan las espinas.<sup>36</sup>

#### **d) Flores**

Las flores miden aproximadamente de 8 a 10 cm de longitud, ovario ínfero, dentro de un receptáculo insertos en las areolas, las flores son solitarias, localizadas en la parte superior de la penca, de 6 a 7 cm de longitud. Cada

aréola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración, unas pueden brotar el primer año, otras el segundo y tercero. Las flores se abren a los 35 a 45 días de su brotación. Sus pétalos son de colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo, rosa. Sépalos numerosos de color amarillo claro a rojizo o blanco.<sup>36</sup>

Las flores son sésiles, hermafroditas y solitarias, se desarrollan normalmente en el borde superior de las pencas. Su color es variable: hay rojas, amarillas, blancas, entre otros colores.<sup>10</sup> En la mayor parte del mundo la planta florece una vez al año.<sup>31</sup> Cáliz con tubo oval, soldado con ovario y limbo; numerosos estambres persistentes, filamentos largos, coloridos; anteras longitudinalmente dehiscentes; pistilo grueso, tubuloso, digitado en su extremo, formando varios lóbulos estigmáticos.<sup>32</sup>

#### **e) Frutos**

El fruto es una baya polisperma, carnosa, de forma ovoide esférica, sus dimensiones y coloración varían según la especie; presentan espinas finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud. Son comestibles, agradables y dulces. El fruto es de forma cilíndrica de color verde y toma diferentes colores cuando madura; la pulpa es gelatinosa conteniendo numerosas semillas.<sup>10, 36</sup> El número de semillas es variable; son lenticulares, testa clara y de formas variadas.<sup>33</sup>

El fruto es una falsa baya con ovario ínfero simple y carnoso. La forma y tamaño de los frutos es variable.<sup>13</sup> Existen varios tipos de frutos; los hay ovoides, redondos, elípticos y oblongos, con los extremos aplanados, cóncavos o convexos. Los colores son diversos: hay frutos rojos, anaranjados, púrpuras, amarillos y verdes. La epidermis de los frutos es similar a la del cladodio, incluso con aréolas y abundantes gloquídeos y espinas que, a diferencia del cladodio, persisten aún después de la sobre madurez del fruto.<sup>37</sup>

#### **2.2.10. Características de frutos**

El tamaño de fruto para exportación debe pesar como mínimo 120 g En Italia.<sup>37</sup>, según el tamaño se clasifican en clases: Frutos extra grandes: más de 160 gr. Frutos primera clase: 120-160 gr. Frutos segunda clase: 80-100 gr. Frutos de tercera clase: menos de 80 gr.

Tineo J. (2010), clasifica a los frutos en tamaños: Muy pequeño (< 80 g), Pequeño (81 - 120 g), Mediano (121 - 150 g), Grande (151 - 200 g), Muy grande (> 200 g).<sup>39</sup>

### **2.2.11. Usos e importancia ecológica de la *Opuntia sp* “tuna”**

La tuna es considerada como una de las plantas más variables de la naturaleza y con múltiples formas de aprovechamiento, que va desde el estrictamente agrícola, la alimentación humana como para la del ganado, así como, el industrial, cosmético, medicinal hasta la obtención de combustibles líquidos y gaseosos.<sup>40</sup>

#### **a) Alimenticio**

Uno de los usos más comunes del nopal es la de fruto y verdura. El consumo como verdura se ha extendido cada vez más, este se ha incrementado buscando disfrutar sus ventajas nutricionales, se presentan como nopalitos en salmuera, nopalitos en escabeche, mermeladas, dulces, licores, etc.<sup>16</sup>

Los frutos se consumen como fruta fresca, pero también se pueden utilizar para la producción de jugos, licores, jaleas, mermeladas, edulcorantes y otros. Como fruta fresca se consume en cantidades moderadas, para evitar que las semillas, durante la digestión formen "tapones" oclusivos, que puede producir una obstrucción intestinal mecánica debido a la formación de bolos de semillas en el intestino. En fruto (tuna) es necesario identificar las mejores opciones de manejo en campo, selección y comercialización del producto, manejo en cosecha y post cosecha exigidas por el mercado, en este caso se puede emplear un tipo de cosecha modificada de la que es practicada en Italia a la que se denominó “pico cerrado”.<sup>42</sup>

#### **b) Forraje**

En los últimos años, se ha aprovechado en los estados del país considerados como productores de nopal, principalmente en época de estiaje, en las épocas de sequía sirve como alimento principal del ganado, aunque existen explotaciones cuyo objetivo es específicamente producir nopal para alimentar ganado.<sup>43</sup>

#### **c) Substrato**

En el uso de la grana cochinilla otra técnica que se usa desde el México Prehispánico. Hay que tomar en cuenta que esta tinta no se toma directamente del nopal sino del pequeño gusano que habita en el nopal, que luego de machacarlo es utilizado como tinte.<sup>16</sup>

#### **d) Elaboración de cosméticos**

Como cremas limpiadoras, cremas humectantes, shampoo, enjuagues, mascarillas, jabones, tintes para el cabello. Actualmente se encuentra en el

mercado una gran cantidad de líneas de cosméticos que contienen nopal como principio humectante, debido a sus propiedades mucilaginosas.<sup>16</sup>

#### **e) En ferretería**

Desde hace tiempo se conocen las propiedades adhesivas del nopal y se ha hecho uso de ellas en aditivos y pinturas.<sup>15</sup>

#### **f) Medicinal**

Se ha comprobado que el consumo de nopalito y de la tuna ácida controla los niveles de azúcar y colesterol en la sangre, se usa también como fibra para mejorar el proceso digestivo.<sup>16</sup> La utilización del nopal con fines medicinales data de la época de los aztecas y actualmente los médicos recomiendan ampliamente su consumo para prevenir o ayudar a controlar enfermedades crónicas degenerativas, como el estreñimiento y los triglicéridos. En la medicina alternativa se producen: cápsulas, comprimidos y polvos.<sup>14</sup>

Estudios efectuados por Jonás et al. (1998) indican que algunos de los componentes presentes son beneficiosos para combatir la hiperplasia prostática benigna, habiendo observado el efecto positivo de un extracto de flores secas.<sup>14</sup>

#### **g) Ecológico**

Conservador del suelo, frena la desertificación, también impide la erosión del suelo. El nopal es un excelente medio para combatir la contaminación, al presentar fisiología tipo CAM consume por las noches grandes cantidades de CO<sub>2</sub>.<sup>16</sup>

Las raíces son superficiales, abundantes y forman una malla que agarra el suelo, evitando la erosión por las lluvias, sobre todo en terrenos de ladera. Las tierras forestadas con tunales se aprovechan para sembrar cultivos en secano.<sup>15</sup>

#### **h) Cerco**

Se usa el nopal espinoso para limitar huertos familiares, este método es muy antiguo y hasta la fecha se sigue utilizando.<sup>10</sup>

#### **i) Industrial**

En particular llama la atención la investigación realizada en Cuba, donde se ha demostrado que el extracto de nopal puede utilizarse a nivel local como coagulante primario en la clarificación de aguas para consumo humano, pudiendo remover más del 90% de la turbidez y 80% del color del agua, y que también es muy útil en la remoción de coliformes, por lo que su aplicación en el control de la contaminación del agua en áreas rurales puede ser muy valiosa.<sup>44</sup>

## 2.2.12. Sanidad vegetal de la *Opuntia sp* “tuna”

### a) Manejo en la poda de *Opuntia sp* “tuna”

Es una práctica de manejo muy importante, sin embargo, en el nopal no se le ha dado importancia que esta tiene sobre el rendimiento y calidad del producto. Esto puede obedecer a la eventualidad del mercado y a los costos de producción que se elevarían en contra de un mercado incierto.<sup>33</sup>

En la mayor parte de los sistemas productivos donde se cultiva la tuna (*Opuntia sp*) no se realiza ningún tipo de poda sobre la planta; de esta forma la cosecha se dificulta, ya que la planta es muy grande y produce frutos lejos del alcance del personal que cosecha. La práctica sugerida mejora la capacidad reproductiva y reduce el tamaño de las plantas, con lo que se facilita la cosecha y las tareas culturales tales como el control de malezas y plagas.<sup>45</sup>, se recomiendan 4 tipos de podas.<sup>33</sup>

- **Poda de formación**

Permite a la planta tener una forma más conveniente para un mejor manejo, eliminando las pencas que se encuentran juntas, las mal orientadas, las que están hacia abajo etc.

- **Poda de sanidad**

Consiste en eliminar pencas en mal estado, es decir, con malformaciones y aquellas dañadas por plagas y enfermedades

- **Poda de rejuvenecimiento**

Llevada a cabo en plantaciones con edades de 10 a 15 años, cortando las plantas viejas y dejando exclusivamente los 40 a 45 centímetros inferiores del tronco. Otra alternativa sustituir la plantación vieja por material vegetativo nuevo.

- **Poda de estimulación de renuevos**

Realizada principalmente en plantaciones a cielo abierto, donde el productor deja que la planta se llene de renuevos y en el momento de que el nopalito tiene el mejor precio de mercado, se empiezan a cortar todas las pencas quedando únicamente aquellas en las que se espera obtener brotes, después de 20 días se obtiene una gran cantidad de brotes (8 a 15 nopalitos por pencas).

- **Podas de producción**

Deben realizarse cuando brotan un número excesivo de pencas, siendo recomendable eliminar algunas de ellas, para mantener en equilibrio de la planta. También se acostumbra realizar el denominado raleo de frutos, práctica que consiste en eliminar tempranamente los frutos más pequeños o cuando la



fructificación es excesiva, pudiendo dejar 7 frutos en promedio por penca, lo que proporciona frutos de mayor tamaño, mejor calidad y mayor precio en el mercado.<sup>10</sup>

#### **b) Manejo de los problemas fitosanitarios de *Opuntia sp* “tuna”**

Todas las plantas cultivadas enfrentan problemas de tipo fitosanitario causados por diferentes organismos: insectos, ácaros, nemátodos, roedores, hongos, bacterias, virus. El cultivo del nopal también es susceptible al ataque de diversos fitoparásitos.<sup>33</sup>

##### **b.1) Plagas**

El cultivo no presenta ninguna plaga de importancia económica, sin embargo, se señalarán las principales:

- **La Cochinilla** (*Dactylopius coccus costa*), constituye una plaga benéfica o perjudicial, dependiendo del objetivo trazado. Si dicho objetivo es la producción de fruta, la cochinilla incide en la producción de tunas; por lo tanto, debe ser tratada como tal. Por esta razón, no se recomienda tener plantaciones duales o mixtas, ya que el beneficio de la una, será en perjuicio de la otra. Un factor muy importante para la dactylocultura, es determinar el tipo de depredadores que inciden sobre la cochinilla, es necesario entonces vigilar las poblaciones de plagas que limitan la explotación del *Dactylopius coccus costa*.<sup>16</sup>
- **La mosca de la fruta** (*Ceratitis capitata*) su infestación causa los mismos efectos que en otros frutales.
- **El gusano de la tierra** es una larva que se alimenta de las plantas de tuna tiernas y jóvenes causando deformaciones y perforaciones en las mismas, se controla previniendo su ataque mediante aplicaciones de aldrin al momento de la plantación.
- **Gusano cogollero** es una larva de color verde claro que mide hasta 3 cm. de longitud, tiene como hábito alimenticio las paletas tiernas y jóvenes, provocando la deformación de estas, se le controla con aplicaciones de tamarón.
- **El gusano minador** (*Graciliriadeae*) es una larva pequeña, roja rosada, que vive debajo de la epidermis de las paletas terminales formando galerías.<sup>10</sup>

**Tabla 1.** Plagas más frecuentes en la *Opuntia sp* "tuna".

Nombre común	Nombre científico
Picudo barrenador	<i>Cactophagus spinolae</i> Gyll
Gusano cebra	<i>Olycella nephelepsa</i> Dyar
Chinche gris	<i>Chelinidea tabulata</i> Burm
Chinche roja Kirk	<i>Hesperolabops gelastops</i>
Cochinilla o grana	<i>Dactilopius indicus</i> Green
Trips del nopal	<i>Serivotrips opuntiae</i> Hood
Mosca del nopal	<i>Dasiops bennetti</i> Mc. Alpine
Gusano de alambre	<i>Melanotus spp</i>
Gallina ciega	<i>Phyllophaga spp.</i>
Caracol	<i>Helix aspersa</i> Muller
Cerambícido	<i>Meneileema variolris</i> Thom

Fuente: El nopal tunero *Opuntia sp* cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México.

## b.2) Enfermedades

Las enfermedades que se presentan, por lo general se deben al inadecuado manejo en el corte y al traslado de la penca a plantar; al nulo mantenimiento de limpieza de maleza en las huertas, que ocasionan alta humedad en las pencas de las plantas; a encharcamientos de agua de lluvia que destruyen las raíces de la planta y a problemas de virosis, porque no se tiene la precaución de seleccionar las plantas donadoras de los cladodios que van a formar las nuevas plantaciones.<sup>16</sup>

- **Roya** enfermedad cuyo agente causal es el hongo *Aecidium sp*. Que ataca a las paletas y los frutos, forma una pústula redonda de color amarillo-naranja que sobresale de la superficie de la paleta, que luego se seca dejando un gran hueco a veces a un lado de la paleta o en ambas caras. Lo más eficiente y económico para su control es la quema y entierro de las paletas afectadas.
- **Pudrición de la raíz** incide en plantas que tienen más de cuatro años, el agente causal parece ser un complejo hongo y/o bacteria no identificados, que destruyen la raíz por pudrición, la cual puede llegar hasta el tallo. El síntoma más evidente es la plasmólisis o marchitez (arrugamiento) de las paletas, el control se realiza mediante la limpia o eliminación de las partes afectadas (podridas) y luego se aplica ceniza y finalmente cubriendo la planta con tierra buena.
- **Cercosporosis:** causada por un hongo del género *Cercospora*, que forma colonias redondeadas y convexas de color gris, de entre 0,5 a 2,0 cm. De

diámetro, a manera de costras, sobre la epidermis de las paletas en plantaciones jóvenes y enfermas.

- **Lancha** (*Phytophthora cactarum*) este hongo produce la enfermedad conocida como Podredumbre húmeda, ataca a la tuna cuando tiene una vía de ingreso que puede ser una herida o una semilla que no ha sido cicatrizada, los daños que causa ésta enfermedad no son mayores, su control efectivo se realiza utilizando fitosanitarios con base de cobre.
- **Mancha plateada** causada por los hongos de los géneros *Phytophthora* y *Micosphaerella*, ocasionan un resquebrajamiento de la epidermis de las paletas y manchas necróticas grandes.
- **La bacteriosis** es una enfermedad causada por bacteria del género *Pseudomona*, produce pudrición en las paletas, el control de esta enfermedad se efectúa mediante pulverizaciones con estreptomicina mezclada con un producto con base de cobre, la época más oportuna de aplicación es al año.
- **Podredumbre apical** es una enfermedad ocasionada por bacterias del género *Erwinia*, que producen la muerte total de las paletas, se inicia en el ápice y desciende progresivamente hasta su inserción con el tallo, para prevenir esta enfermedad es necesario seleccionar y evaluar el terreno (descartar los salitrosos), así como tomar en consideración la calidad del agua, evitar aquellas aguas con alto contenido de sales o metales.

### 2.2.13. Banco de germoplasma

Los Bancos de Germoplasma son centros (instalaciones) para la conservación de germoplasma, pueden ser de varios tipos dependiendo de la parte de la planta que se pretende conservar: Bancos de semilla, Bancos de polen, Banco de genes, Bancos de clones (colecciones campo) y Bancos de Conservación *In Vitro* de órganos y tejidos vegetativos y/o reproductivos conservados para fines de aprovechamiento, mejoramiento genético y mantenimiento de diversidad. Están orientados al almacenamiento mediante propágulos de una parte representativa de la variabilidad genética correspondiente a una determinada especie.<sup>47</sup>

El Banco de germoplasma se dedica a la conservación y utilización de la variabilidad genética de especies vegetales de uso actual y potencial.

Es el lugar donde se guardan todas las semillas que están en peligro de que se pierdan por la colonización, el uso agrícola o del suelo ya que se están perdiendo en el agroecosistemas, y la meta es conservar los genes o especies

que se dejaron de sembrar en el transcurso del tiempo y han sido remplazadas por muchas otras variedades, y el fin es tratar de conservar estos recursos.<sup>48</sup>

Área de Conservación y Caracterización de Germoplasma. Su objetivo es la conservación *Ex situ* de germoplasma vegetal y la investigación en temas relacionados con la conservación.<sup>49</sup>

Es así que el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INÍA) cuenta con la Subdirección de Investigación de Recursos Genéticos y Biotecnología (SUBDIRGEB), que tiene como misión conservar la diversidad y variabilidad de las plantas nativas y naturalizadas y sus parientes silvestres, así como de animales domésticos, mediante la conservación *ex situ* en bancos de germoplasma e *in situ* en campos de agricultores. Los recursos genéticos ejercen su función en el agro ecosistema y en condiciones *Ex situ* e *In situ*, valorando los conocimientos tradicionales asociados a los recursos genéticos, promoviendo sus uso sostenible y puesta en valor.<sup>50</sup>

#### 2.2.14. Banco de germoplasma local y nacional

Los Bancos de germoplasma locales se refieren a aquellos centros en los cuales se preservan materiales, provenientes de la misma región o lugar, este tipo de bancos se puede encontrar en varias regiones del país.

En el caso de los Bancos de germoplasma Nacionales, se preservan material genético de una determinada especie que proviene de varias regiones y es un banco representativo único en el país.<sup>39</sup>

**Tabla 2.** Bancos Nacionales.

Nombre	Nombre científico	N ° de accesiones
Germoplasma de Tuna	<i>Opuntia sp</i>	183
Germoplasma de Chirimoyo	<i>Annona Chirimola Mill</i>	340
Germoplasma de Lúcumo	<i>Lucuma obovata</i>	100
Germoplasma de Guinda	<i>Prunus serotina</i>	115

**Tabla 3.** Bancos locales de tuberosas y raíces andinas.

Nombre	Nombre científico	N ° de accesiones
Germoplasma de Oca	<i>Oxalis tuberosa</i>	113
Germoplasma de Olluco	<i>Ullucus tuberosus</i>	55
Germoplasma de Mashua	<i>Tropaeolum tuberosum</i>	99
Germoplasma de Achira	<i>Canna indica</i>	25
Germoplasma de Arracacha	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	27
Germoplasma de Yacón	<i>Smallanthus sonchifolius</i>	15

### **2.2.15. Banco nacional de germoplasma de tuna**

El Banco Nacional de la Tuna (*Opuntia sp*) se encuentra instalado en Vizcachayoc (2730 msnm) ubicado en Canaán bajo propiedad de la Estación Experimental Agraria Canaán, en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres de la provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. En donde están instalados 183 accesiones de tuna procedentes de diferentes departamentos y provincias del Perú. Cuyo material genético fue establecido en campo definitivo en el mes de octubre de 1997, posteriormente fueron incluyéndose otras accesiones.<sup>39</sup>

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Fenología**

La Fenología es la rama de la Agro meteorología que trata del estudio de la influencia del medio ambiente físico sobre los seres vivos. Dicho estudio se realiza a través de las observaciones de los fenómenos o manifestaciones de las fases biológicas resultantes de la interacción entre los requerimientos climáticos de la planta y las condiciones de tiempo y clima reinantes en su hábitat. Estas observaciones son importantes porque permiten determinar.<sup>42, 46</sup>

- a) Los requerimientos bioclimáticos de los cultivos
- b) Calendarios agrícolas
- c) Zonificaciones agroclimáticas
- d) Herramientas para una planificación de la actividad agrícola

### **2.3.2. Floración**

Este periodo corresponde al lapso de tiempo en el cual se desarrollan las flores en las plantas y varía de acuerdo con la especie y a los factores naturales del sitio. Es la primera etapa del proceso reproductivo de las plantas superiores, requisito para la formación de las semillas e indicativo de la madurez de la planta.<sup>25</sup>

### **2.3.3. Fructificación**

Inmediatamente después de concluir la floración y posterior a la polinización, se da paso a la iniciación de las flores con la formación y madurez de los frutos y producción de semilla.<sup>25</sup>

El rendimiento o el número de frutos por planta varía en distintos países, desde 4 t/ ha.<sup>26</sup>, hasta 45 t/ ha.<sup>27</sup>. El principal motivo de estas diferencias probablemente se deba a las diferentes técnicas de manejo y diseños de cultivo implementados en cada lugar.

#### **2.3.4. Germoplasma**

Es la estructura que porta la suma total de características hereditarias de una especie. La palabra germoplasma supone que la estructura puede dar origen a una nueva generación, transmitiendo sus características genéticas.

#### **2.3.5. Banco de germoplasma**

Es la entidad constituida para conservar los recursos genéticos. Constituye la manera más práctica de salvaguardar el material genético. Almacena muestras de variedades tradicionales, productos del mejoramiento, variedades fuera de uso y especies silvestres.

### **2.4. Marco legal**

En la actualidad el estado peruano protege, promueve y regula el aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica, estableciendo normativas protegidas desde la Constitución Política.

#### **2.4.1. La Constitución Política del Perú de 1993**

Artículo 66°. - Recursos Naturales

Recursos naturales, renovables y no renovables son patrimonio de la nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal.<sup>51</sup>

Artículo 67°. Política Ambiental

El estado determina la política nacional del ambiente promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.<sup>51</sup>

Artículo 68°. Conservación de la diversidad biológica y áreas naturales protegidas

El estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.<sup>51</sup>

#### **2.4.2. Ley N° 28611 Ley General del Ambiente**

Artículo 111. Conservación ex situ

111.1 El Estado promueve el establecimiento e implementación de modalidades de conservación ex situ de la diversidad biológica, tales como Bancos de Germoplasma, zoológicos, centros de rescate, centros de custodia temporal, zoo criaderos, áreas de manejo de fauna silvestre, jardines botánicos, viveros y herbarios.<sup>52</sup>

111.2 El objetivo principal de la conservación ex situ es apoyar la supervivencia de las especies en su hábitat natural, por lo tanto, debe ser considerada en toda estrategia de conservación como un complemento para la conservación in situ.<sup>52</sup>

#### **2.4.3. Ley N° 26821 Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales**

Artículo 3°. Se consideran recursos naturales a todo componente de la naturaleza, susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado.<sup>53</sup>

- a. El agua, el suelo, subsuelo y las tierras por su capacidad de uso mayor: agrícolas, pecuarias, forestales y de protección.
- b. La diversidad biológica: como las especies de flora, de la fauna y de los microorganismos o protistas; los recursos genéticos y los ecosistemas que dan soporte a la vida.<sup>53</sup>

Artículo 4°. Los recursos naturales mantenidos en su fuente, sean éstos renovables o no renovables, son Patrimonio de la Nación. Los frutos y productos de los recursos naturales obtenidos en la forma establecida en la presente Ley, son del dominio de los titulares de los derechos concedidos sobre ellos. <sup>53</sup>

#### **2.4.4. Ley N° 26839 sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica**

Título IV: De los mecanismos de Conservación

Artículo 14°. El Estado promueve el establecimiento de centros de conservación Ex situ tales como herbarios jardines botánicos, bancos de genes, entre otros, para complementar las medidas de conservación in situ. Dichos centros priorizarán el mantenimiento y el manejo de especies nativas y sus parientes silvestres. <sup>54</sup>





### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Zona de estudio

El trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Ayacucho.

##### 3.1.1. Ubicación política

Lugar : Estación Experimental Canaán – INIA - Ayacucho, ubicado en la Av. Abancay s/n - Canaán Bajo <sup>55</sup>

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

Provincia : Huamanga

Región : Ayacucho

País : Perú

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

El Banco Nacional de Germoplasma de *Opuntia sp.* “tuna” INIA-Canaán-Ayacucho se encuentra al sureste de la ciudad de Ayacucho a 2740 msnm. Sus coordenadas UTM son: 586286.00 m E; 8544500.00 m S <sup>55</sup>

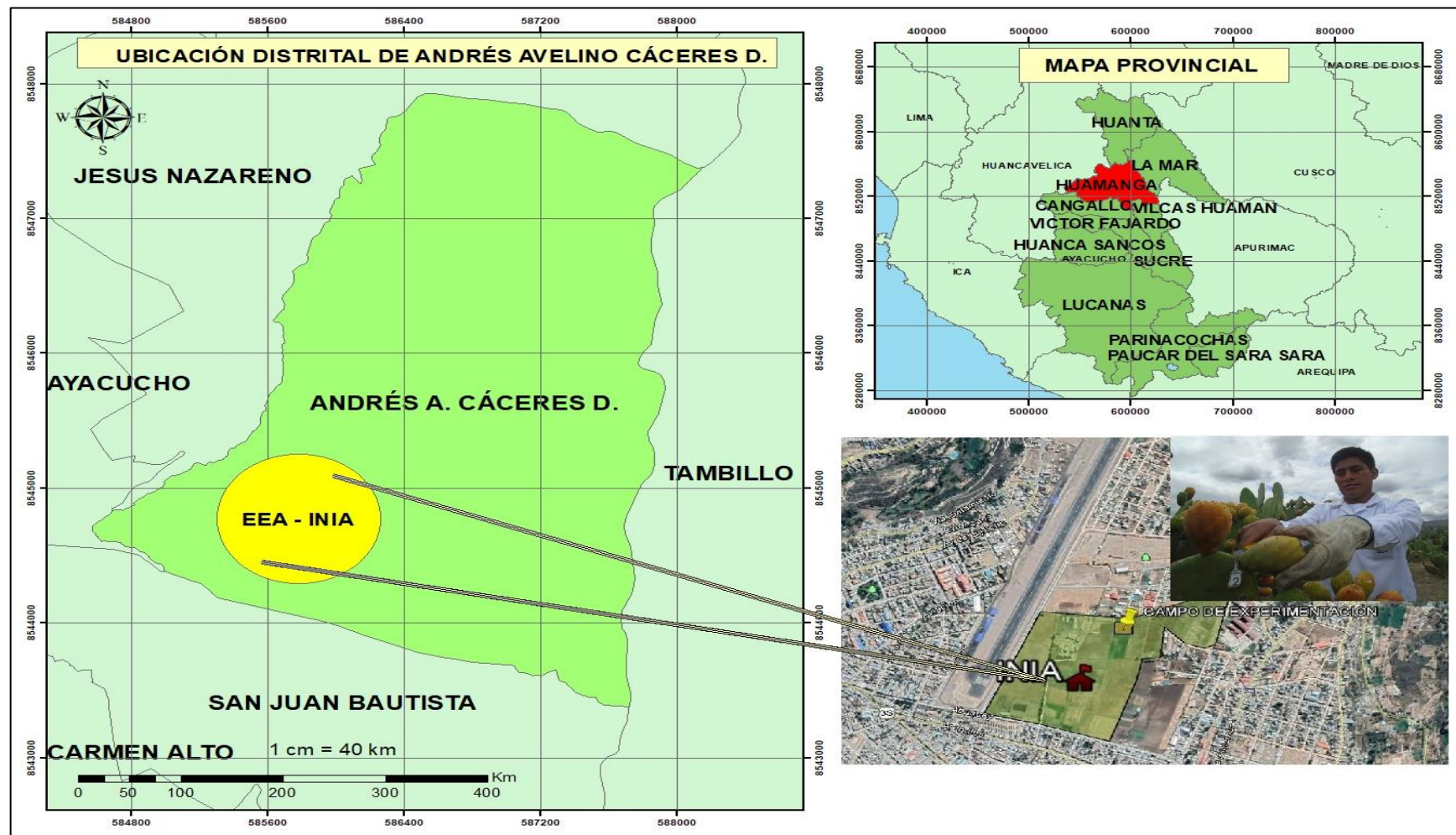


Figura 4. Ubicación de la Estación Experimental Agraria - Canaán del Instituto Nacional de Investigación Agraria.

### 3.1.3. Material vegetativo

El experimento se realizó en plantas de *Opuntia sp* “tuna” de 4 años de edad, plantados a una densidad de siembra de 9 m<sup>2</sup> por planta, procedentes del Banco Nacional de Germoplasma de Tuna del Instituto Nacional de Investigación Agraria; los biotipos proceden de los siguientes departamentos del Perú: Ayacucho (siete biotipos), Junín (un biotipo), Ancash (un biotipo) y Huancavelica (un biotipo).<sup>39</sup>

**Tabla 4.** Pasaporte de los 10 biotipos evaluados del *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA.

Código nacional	Código accesión	Especie	Nombre común	País	Departamento	Provincia	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud m.s.n.m.	Color de fruto
PER001522	PTI-013	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Ayacucho	Huanta	Erapata	-12.937690	-74.248690	2645	Blanca.
PER001534	PTI-023-A	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Ayacucho	Huanta	Oqoroy	-13.014140	-74.272150	2456	Amarilla
PER001552	PTI-040	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Huancavelica	Angaraes	Julcamarca	-13.014500	-74.444770	3418	Morada
PER001572	PTI-060	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Junín	Huancayo	Vista Alegre	-12.02704	-74.852310	2165	Amarilla
PER001583	PTI-070	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Ancash	Huari	Masín	-9.366080	-77.097550	2650	Amarilla
PER001603	PTI-090	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Ayacucho	Víctor Fajardo	Achalla Pampa	-13.713090	-74.032810	2870	Morada
PER001652	PTI-138	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Ayacucho	Huanta	Azángaro	-12.924260	-74.295500	2435	Amarilla
PER018043	PTI-152	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Ayacucho	Huanta	Luricocha	-12.897840	-74.273230	2635	Morada
PER018044	PTI-153	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Ayacucho	Huanta	Luricocha	-12.897840	-74.273230	2645	Blanca.
PER018048	PTI-157	<i>Opuntia sp</i>	Tuna	Perú	Ayacucho	Víctor Fajardo	Quilla	-13.683330	-74.050000	3100	Blanca.

PTI: Perú tuna INIA (código de accesión)

### 3.2. Población muestral

#### 3.2.1. Población

La población evaluada fue 320 individuos que corresponde a 10 biotipos de *Opuntia sp* "tuna" del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho.

#### 3.2.2. Muestra

##### a) Para las plantas

La muestra para las plantas fue 30 individuos de 10 biotipos de *Opuntia sp*, siendo 3 individuos por cada biotipo, estos fueron seleccionados de manera aleatoria, se realizó balotas del 1 al 32 para cada biotipo y sacando tres balotas por biotipo.

Una vez obtenido los individuos seleccionados, se realizó el marcaje y la delimitación correspondiente con una cinta de peligro a cada una de ellas.

**Tabla 5.** Individuos seleccionados por cada biotipo para la evaluación correspondiente.

BIOTIPO	INDIVIDUOS SELECCIONADOS/ BIOTIPO		
PTI 060	17	27	32
PTI-070	13	24	25
PTI-090	10	14	23
PTI-157	21	28	29
PTI-013	4	15	19
PTI-023A	3	11	25
PTI-040	18	25	31
PTI-138	12	28	30
PTI-152	6	12	30
PTI-153	3	18	26

**b) Para los frutos:** para la evaluación de los frutos se realizó el cálculo con la siguiente formula.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{d^2}$$

Dónde:

$z = 1.96$ ,  $p = 50 \% = 0.05$ ,  $q = 50 \% = 0.05$ ,  $d = 5 \% = 0.05$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2}$$

$$n = 384.16$$

$$n = 385$$

Del resultado obtenido, del número de frutos a ser evaluados se dividió entre el total de biotipos (10) de donde se obtuvo 38.5 equivalente a 39 frutos por cada biotipo, 13 frutos por individuo, la selección de los frutos se realizó de manera determinístico. Una vez obtenido el número de frutos a ser evaluados en cada individuo/biotipo, se procede al azar. Una vez que los frutos hayan alcanzado la Madurez Hortícola, se cosecha y se lleva al laboratorio del Programa Recursos Genéticos para medir el peso final del fruto.

### 3.3. Muestreo

Cada biotipo de *Opuntia sp* “tuna” presenta 32 repeticiones de 4 años de edad plantados a una densidad de siembra de 3m x 3m por planta, para el estudio de la fenología de la floración y fructificación, se seleccionaron tres individuos de cada biotipo, esta selección debido a que las repeticiones son clones del mismo biotipo y contienen la misma información genética.

La investigación se realizó en un periodo de 8 meses, a partir del mes de mayo 2017 hasta enero 2018, se evaluaron en tres épocas (5 de mayo, 19 de junio y 7 de agosto). En cada época se evaluaron desde la Emergencia de Botón Floral, la Antesis, y la Madurez Hortícola con una frecuencia semanal para medir el diámetro y longitud del fruto.

### 3.4. Diseño metodológico

#### 3.4.1. Descripción de la metodología de las variables fenología de la floración y fructificación

**Tabla 6.** Metodología empleada para la determinación de la fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* “tuna” del banco Nacional de Germoplasma de la EEA Canaán INIA, Ayacucho.<sup>3</sup>

Variable	Indicadores	Unidad	Metodología
<b>Fenología de la floración</b>	Fase	Número de días.	Se evaluó en tres épocas, 05 de mayo, 19 de junio y 7 de agosto del 2017. Desde la emergencia del botón floral, antesis y madurez del fruto, para las dos últimas etapas se registró los días que transcurrieron. <sup>3</sup>
	Emergencia de botón floral.		Seguimiento y registro de las fechas de aparición de las yemas reproductivas, registro del transcurso del número de días. <sup>3</sup> Observación directa de la longitud y diámetro con la

		regla vernier caliper digital metálico rango de medición: 0-150 mm resolución 0.1 mm, tamaño de la pantalla LCD: 40 * 15 mm (2 a 10 mm de diámetro). <sup>3</sup>
Antesis.		Seguimiento de la secuencia de la apertura floral y registro de las fechas de aparición de la misma. <sup>3</sup> Observación directa de la longitud y diámetro de la apertura de la flor con la regla vernier caliper digital metálico rango de medición: 0-150 mm resolución 0.1 mm, tamaño de la pantalla LCD: 40 * 15 mm (2 a 10 mm de diámetro), cambios de color de los pétalos trascurso el día. <sup>3</sup>
Maduración del fruto.		Seguimiento y registro de las fechas de madurez hortícola del fruto (80 % de coloración en el pericarpio) <sup>3</sup> una vez maduros se lleva al laboratorio para la observación directa del peso en una balanza electrónica digital de 250g marca RADWAG modelo WTB <sup>3</sup>
<b>Fructificación</b>	Número de frutos	Se contó el total de los frutos maduros y verdes por biotipo. <sup>3</sup>

### 3.5. Tipo de investigación

La investigación realizada fue de tipo Básico - Descriptivo. Básico porque será el pilar de nuevos conocimientos sobre la fenología y fructificación de *Opuntia sp* "tuna". Descriptivo porque no hubo manipulación de variables.

### 3.6. Análisis estadístico

- 1) Construcción de una matriz básica.
- 2) Obtención de resultados para cada variable de fenología y fructificación.

Tanto para la fenología de la floración y fructificación, se emplearon software Microsoft Excel y software IBM SPSS Statistics 22, las que se muestran en el siguiente capítulo en tablas y figuras.

En el primer software, se calcularon los promedios del número de días para cada fase, curva de crecimiento, peso promedio, promedio de frutos por biotipo y el rendimiento promedio por biotipo. Mientras que, en IBM SPSS Statistics 22 se realizó, para la fenología de la floración y fructificación los datos del número de días desde la emergencia de botón floral no tuvieron una distribución normal y se aplicó la prueba de Kruskal Wallis, en cambio para la fructificación los datos de peso del frutos, rendimiento y número de frutos tuvieron una distribución normal y se realizó el Análisis de Varianza (ANVA) y el test HSD (Honestly-significant-difference) de Tukey, para relacionar la fenología de la floración y fructificación se utilizó la tabla de correlación de Pearson.

**Tabla 7.** Rango de valores de correlación de Pearson, que va desde 0 hasta 1. <sup>64</sup>

Valores	tipo de correlación
$r = 1$	Correlación perfecta
$\pm 0,8 < r < \pm 1$	Correlación muy alta
$\pm 0,6 < r < \pm 0,8$	Correlación alta
$\pm 0,4 < r < \pm 0,6$	Correlación moderada
$\pm 0,2 < r < \pm 0,4$	Correlación baja
$\pm 0 < r < \pm 0,2$	Correlación muy baja
$r = 0$	Correlación nula





## **IV. RESULTADOS**

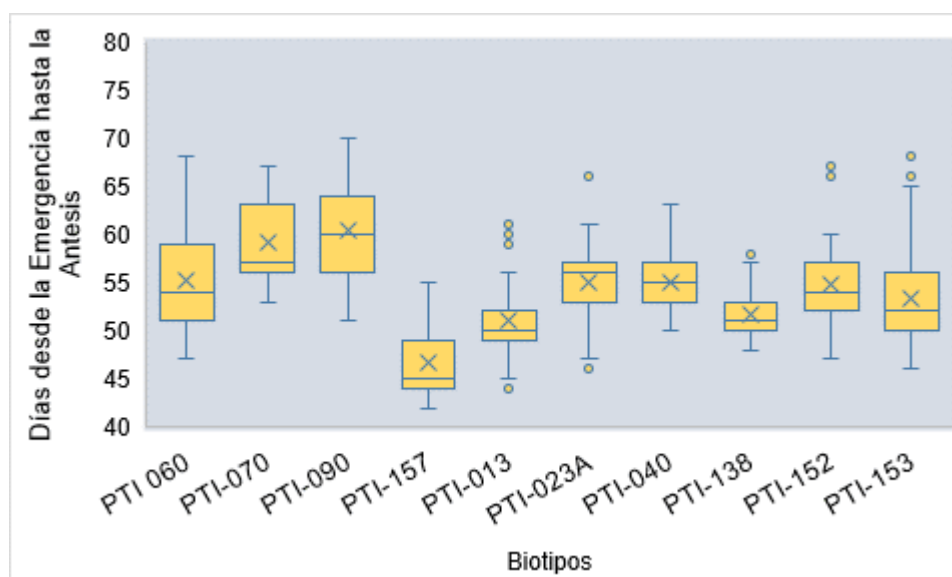


**4.1. Fenología de la floración de *Opuntia sp* tuna” de las tres épocas de evaluación (05 de mayo, 19 de junio y 7 de agosto del 2017).**

**Tabla 8.** Resumen de contraste de hipótesis para los días desde la Emergencia hasta la Antesis y Antesis hasta la madurez, según biotipos.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión.
1	La distribución de Días desde la Emergencia hasta la Antesis es la misma entre las diferentes categorías de BIOTIPOS.	Prueba de Kruskal - Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula
2	La distribución de Días desde la Antesis hasta la Madurez es la misma entre las diferentes categorías de BIOTIPOS.	Prueba de Kruskal - Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula

Se muestra significancias asintóticas. El nivel de significación es 0,05

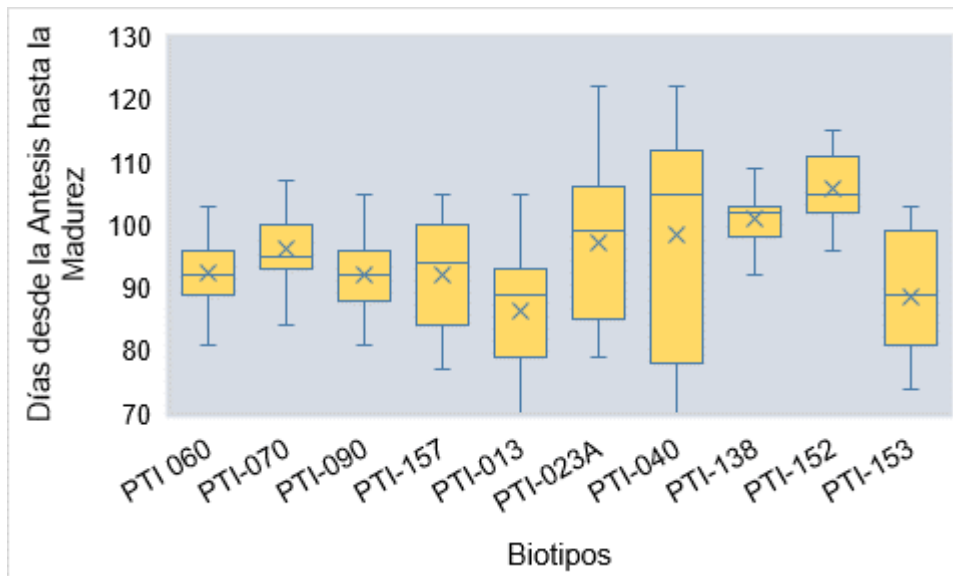


N° TOTAL	390
Estadístico de prueba	173.740
Grados de libertad	9
Significación asintótica (prueba bilateral)	0.000

Los estadísticos de prueba se ajustan para empates

PTI: Perú tuna INIA (código de accesión)

**Figura 5.** Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días desde la Emergencia hasta la Antesis de 10 biotipos de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.



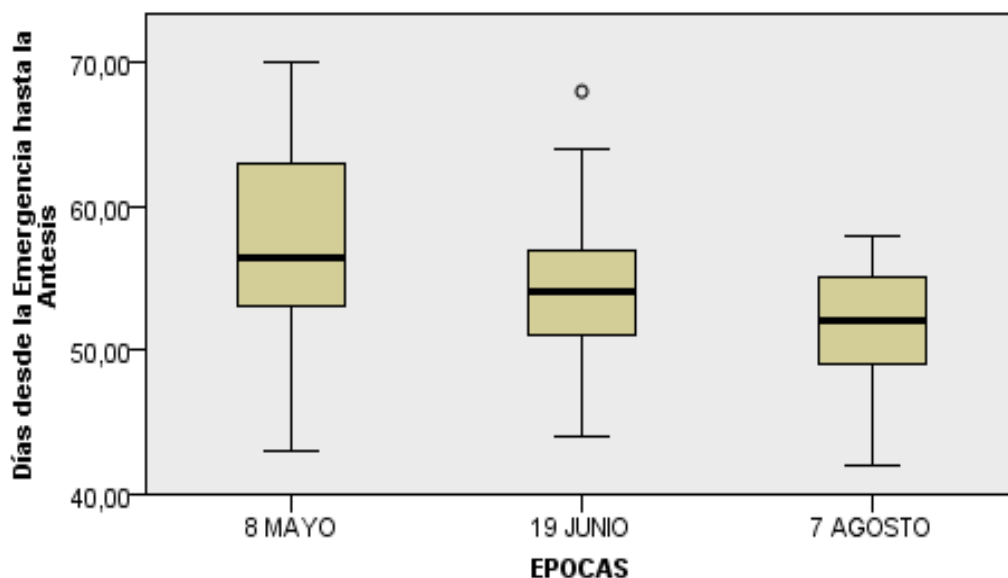
N° TOTAL	390
Estadístico de prueba	126.703
Grados de libertad	9
Significación asintótica (prueba bilateral)	0.000
Los estadísticos de prueba se ajustan para empates	
PTI: Perú tuna INIA (código de accesoión)	

**Figura 6.** Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días desde la Antesis hasta la Madurez de 10 biotipos de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.

**Tabla 9.** Resumen de contraste de hipótesis para los días desde la Emergencia hasta la Antesis y Antesis hasta la madurez, según épocas de evaluación.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión.
1	La distribución de Días desde la Emergencia hasta la Antesis es la misma entre las diferentes categorías de ÉPOCAS.	Prueba de Kruskal - Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula
2	La distribución de Días desde la Antesis hasta la Madurez es la misma entre las diferentes categorías de ÉPOCAS.	Prueba de Kruskal - Wallis para muestras independientes	0,000	Rechace la hipótesis nula

Se muestra significancias asintóticas. El nivel de significación es 0,05.



N° TOTAL	390
Estadístico de prueba	51.663
Grados de libertad	2
Significación asintótica (prueba bilateral)	0.000

Los estadísticos de prueba se ajustan para empates

**Figura 7.** Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días desde la Emergencia hasta la Antesis de 10 biotipos de *Opuntia sp* "tuna" según épocas del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.

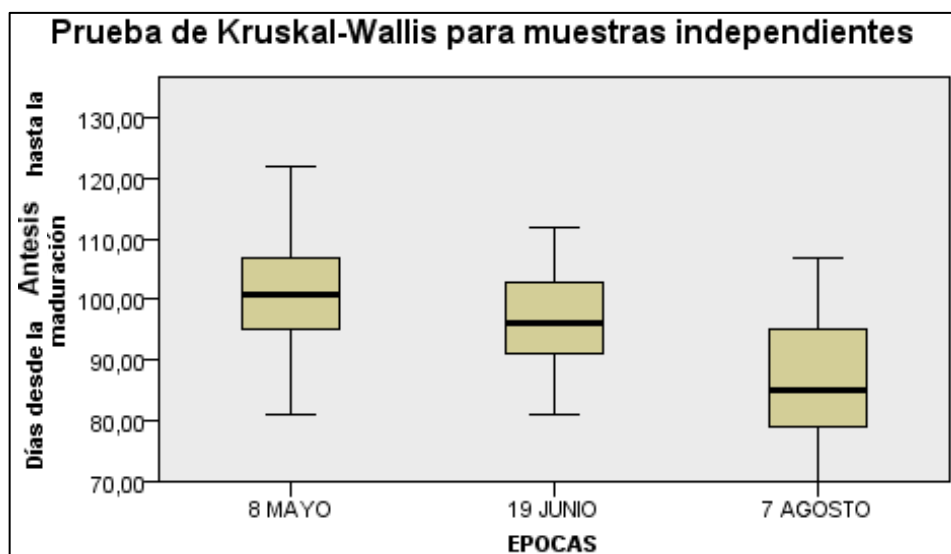


Cada nodo muestra el rango de media de muestras de EPOCAS.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
7 AGOSTO-19 JUNIO	51,023	13,951	3,657	,000	,001
7 AGOSTO-8 MAYO	100,269	13,951	7,187	,000	,000
19 JUNIO-8 MAYO	49,246	13,951	3,530	,000	,001

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

**Figura 8.** Comparación por parejas de épocas para los días desde la Emergencia hasta la Antesis de 10 biotipos de *Opuntia sp* "tuna" del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.



N° TOTAL	390
Estadístico de prueba	117.010
Grados de libertad	2
Significación asintótica (prueba bilateral)	0.000
Los estadísticos de prueba se ajustan para empates	

**Figura 9.** Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes para los días desde la Antesis hasta la Maduración de 10 biotipos de *Opuntia sp* “tuna” según épocas del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.



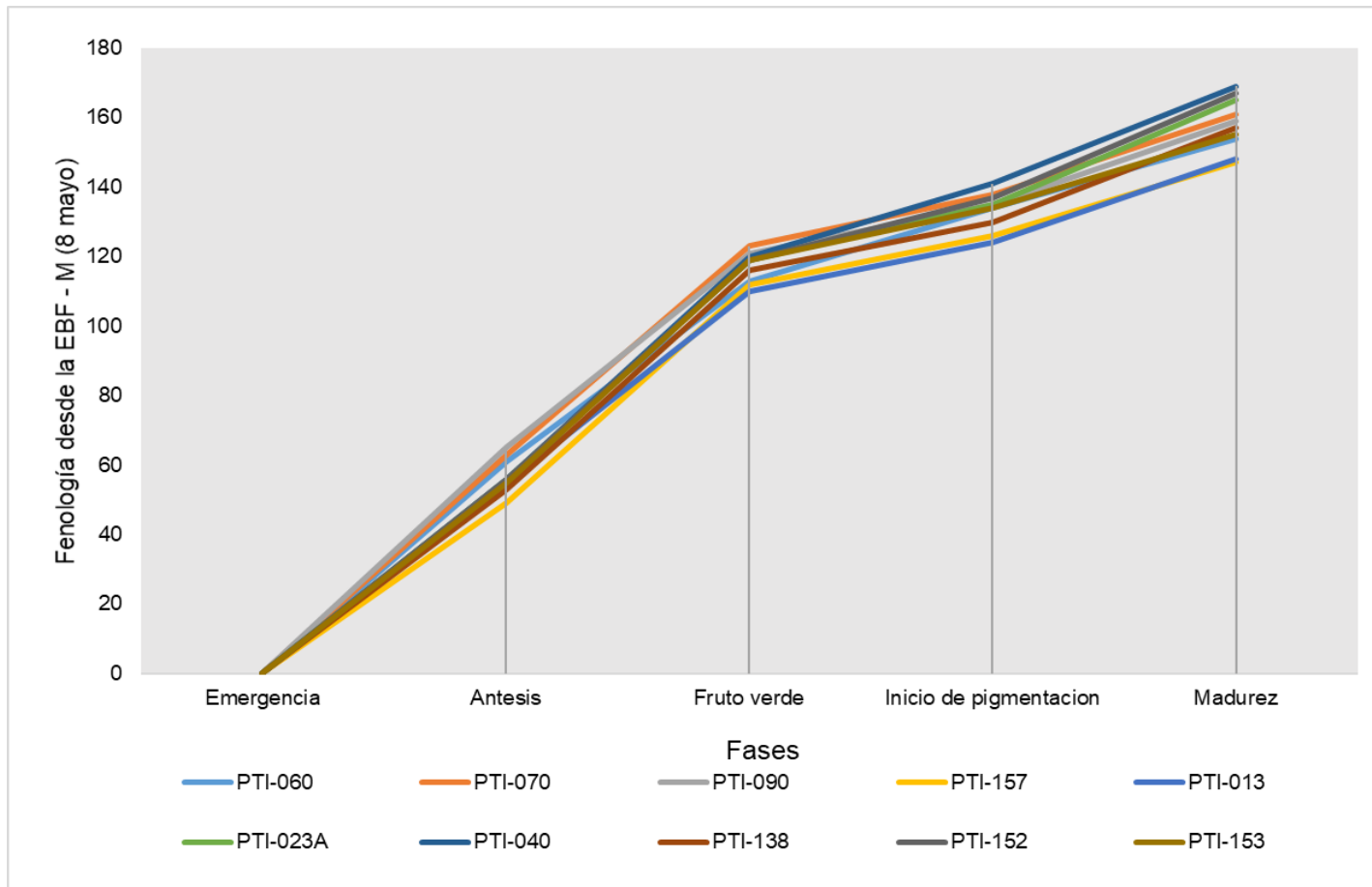
Cada nodo muestra el rango de media de muestras de EPOCAS.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
7 AGOSTO-19 JUNIO	100,208	13,975	7,171	,000	,000
7 AGOSTO-8 MAYO	148,123	13,975	10,599	,000	,000
19 JUNIO-8 MAYO	47,915	13,975	3,429	,001	,002

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

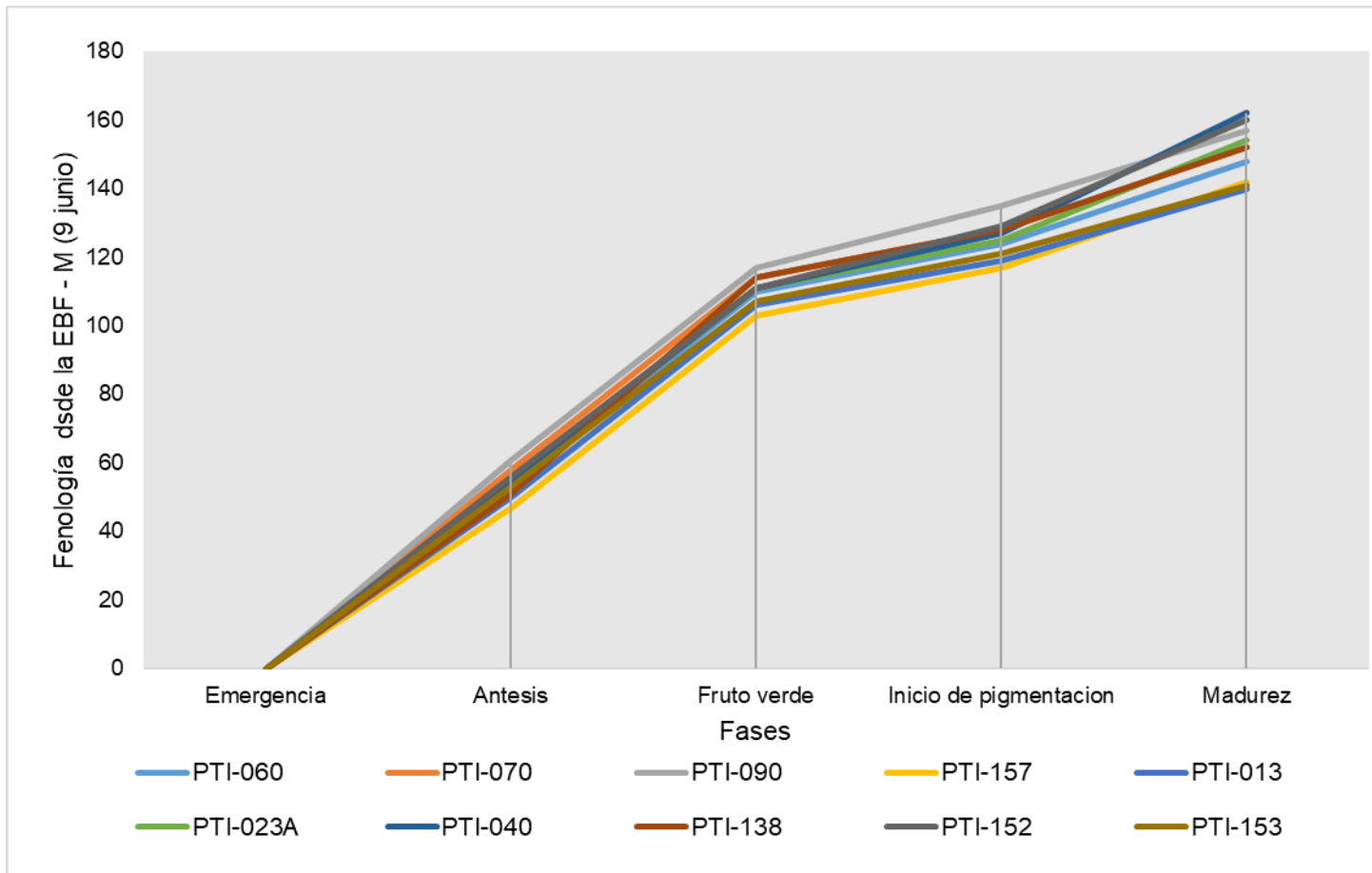
**Figura 10.** Comparación por parejas de épocas para los días desde la Antesis hasta la Maduración de 10 biotipos de *Opuntia sp* "tuna" del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.





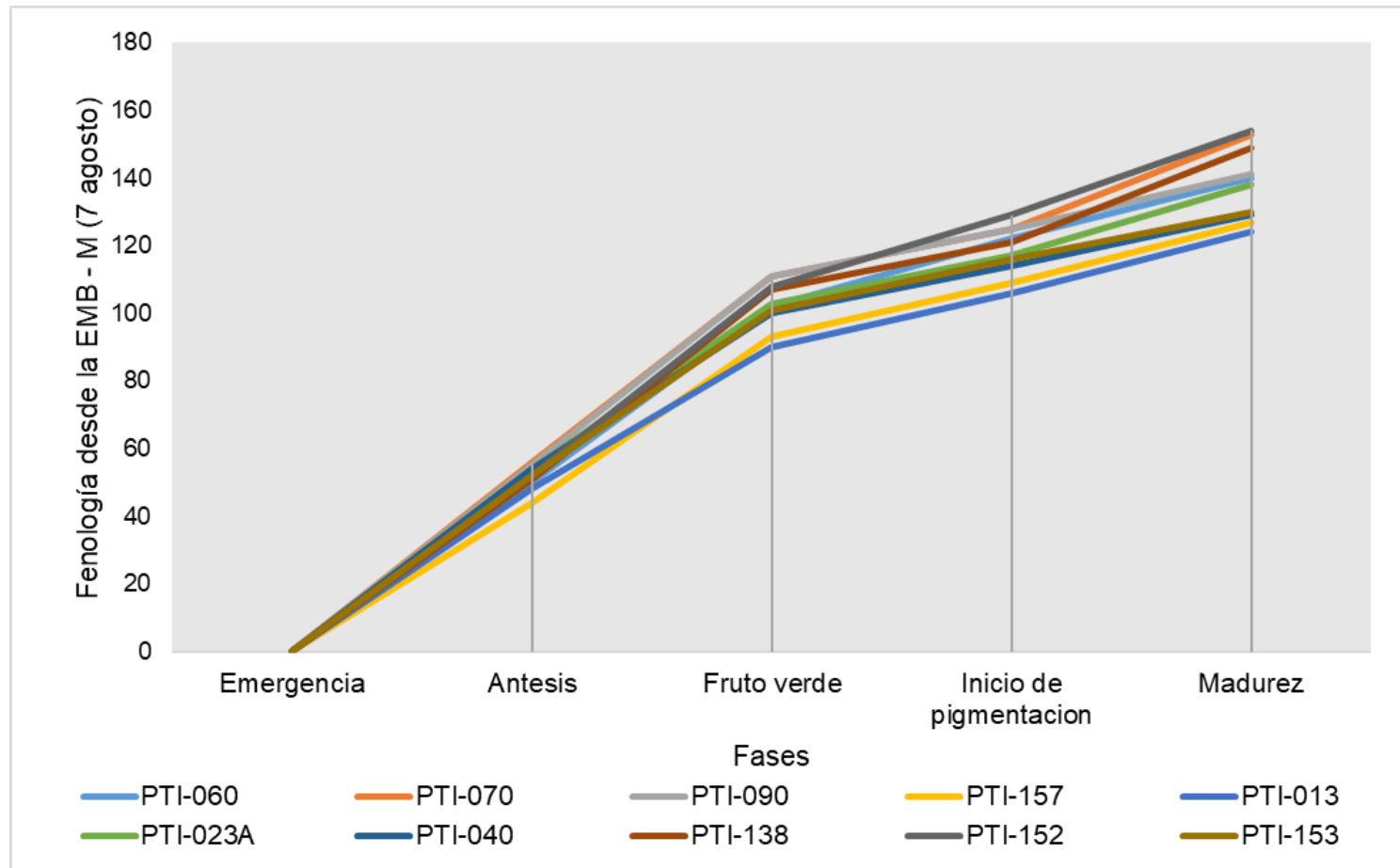
PTI: Perú tuna INIA (código de accesión)

**Figura 11.** Fenología de la floración y fructificación de la *Opuntia sp* “tuna” de la primera época de evaluación (8 de mayo) desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez del fruto (M) en el Banco de germoplasma de la EEA – Canaán INIA, Ayacucho.



PTI: Perú tuna INIA (código de accesión)

**Figura 12.** Fenología de la floración y fructificación de la *Opuntia sp* “tuna” de la segunda época de evaluación (9 de junio) desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez del fruto (M) en el Banco de germoplasma de la EEA – Canaán INIA, Ayacucho.













PTI: Perú tuna INIA (código de accesión)

**Figura 13.** Fenología de la floración y fructificación de la *Opuntia sp* "tuna" de la tercera época de evaluación (7 de agosto) desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez del fruto (M) en el Banco de germoplasma de la EEA – Canaán INIA, Ayacucho.















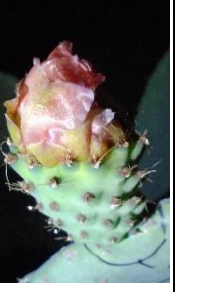
**Tabla 10.** Porcentaje de apertura floral (antesis) de 10 biotipos de *Opuntia sp* “tuna” en tres épocas de evaluación en el Banco Nacional de Germoplasma de la EEA – Canaán INÍA, Ayacucho.

Biotipo	% de apertura floral					
	05 de mayo		19 de junio		7 de agosto	
	2 días	3 días	2 días	3 días	2 días	3 días
PTI 060	7,69	92,31	7,69	92,31	---	100,00
PTI-070	7,69	92,31	7,69	92,31	---	100,00
PTI-090	----	100,00	---	100,00	---	100,00
PTI-157	---	100,00	---	100,00	---	100,00
PTI-013	---	100,00	---	100,00	---	100,00
PTI-023A	100,00	---	100,00	0,00	100,00	0
PTI-040	7,69	92,31	7,69	92,31	---	100,00
PTI-138	15,38	84,62	---	100,00	---	100,00
PTI-152	7,69	92,31	---	100,00	---	100,00
PTI-153	7,69	92,31	7,69	92,31	---	100,00

PTI: Perú tuna INIA (código de accesión)

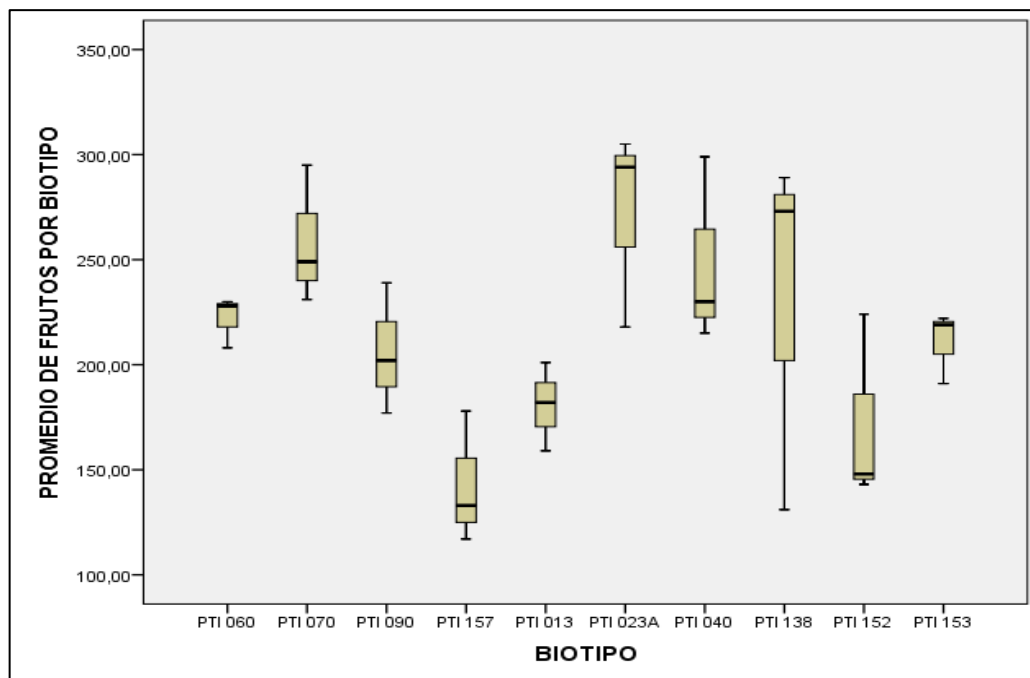
Día 1 - 6:35 am Emergencia de tépalos, con color amarillo claro.	Día 1 – 10:15 am Los tépalos sobresalen 1.15 cm por encima de las brácteas.	Día 1 – 1:20 pm Flor abierta; el diámetro de la parte superior de la corola fue 2.76 cm.	Día 1 – 4:20 pm La flor empieza cerrarse; se puede observar los estambres y pistilo.	Día 1 – 7:15 pm flor semi cerrada.
				
Día 2 – 7:15 am Flor cerrada con rocío en los tépalos color amarillo-limón.	Día 2 – 10:15 am Flor abierta; altura de tépalos 2.05 cm; se observan estigma y anteras, pétalos color naranja.	Día 2 – 1:20 pm Flor abierta; el diámetro de la parte superior de la corola fue 3.25 cm.	Día 2 – 4:15 am No es posible observar estigma y anteras desde la parte superior, por lo cerrado de los tépalos que presentan un color canela claro.	Día 2 – 7:15 am No es posible observar estigma y anteras desde la parte superior, por lo cerrado de los tépalos que presentan un color canela claro.
				

**Figura 14.** Secuencia de la apertura floral correspondiente a dos días del biotipo PTI-023A en el Banco Nacional de Germoplasma de la EEA – Canaán INÍA, Ayacucho.

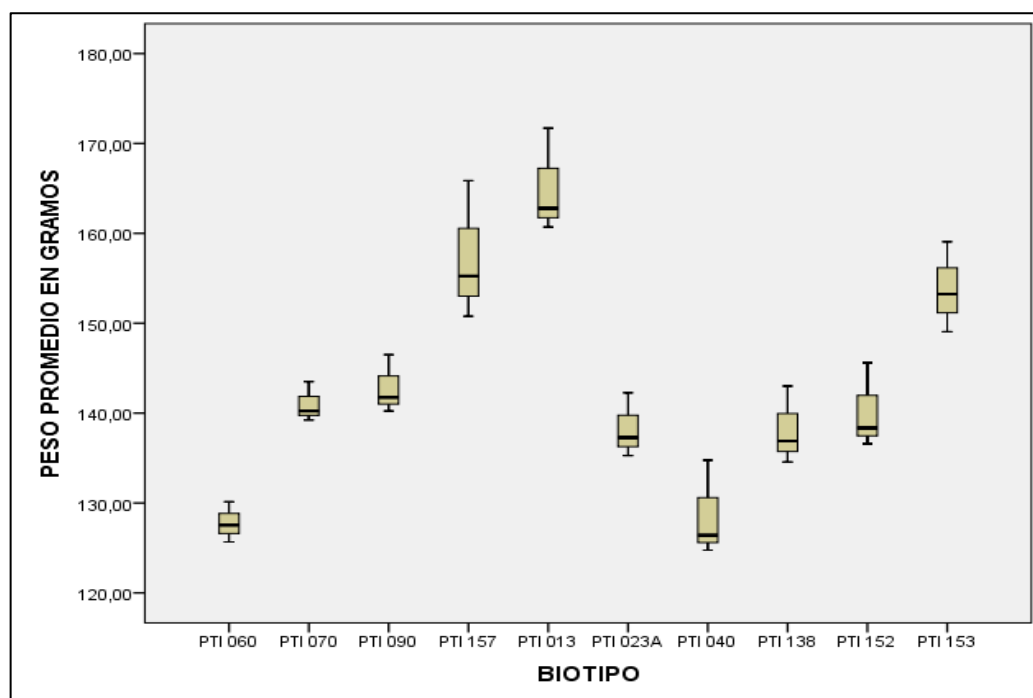
Día 1 - 6:30 am Primer día. Tépalos de color similar a las brácteas.	Día 1 - 10:20 am Flor empieza a abrirse; Los tépalos sobresalen 2 cm por encima de las brácteas.	Día 1 - 1:35 pm Flor abriéndose; el diámetro de la corola 2.25 cm; Se observa que las anteras están junto al estigma.	Día 1 - 4:20 pm Flor con cierre incompleto; Se observa un poro pequeño en la parte superior por el cual no es posible observar el estigma, pero si los estambres.	Día 1 - 7:20 pm La flor se encuentra cerrada los tépalos son de color amarillo.
				
Día 2 - 6:30 am Flor cerrada con tépalos color amarillo.	Día 2 - 10:00 am Flor abierta; diámetro y altura de la corola 4.15 y 3.50 cm; Se observa la separación entre estigma y anteras.	Día 2 - 1:15 pm Flor abierta; diámetro de la corola 5.05 cm; se observa la separación entre estigma y anteras, pétalos color amarillo.	Día 2 - 4:25 pm La flor empieza a disminuir su diámetro de la corola se torna de color amarillo intenso.	Día 2 - 7:25 pm Flor con cierre incompleto; pétalos con una coloración canela.
				
Día 3 - 7:00 am Flor cerrada con tépalos color grosella.	Día 3 - 10:15 am La flor abre con un poro por el cual es posible observar el estigma y las anteras, pétalos color anaranjado.	Día 3 - 1:00 pm Flor abierta; diámetro de la corola 2.25 cm; Se observa la separación entre estigma y anteras, pétalos color anaranjado.	Día 3 - 4:00 pm Flor cerrada con tépalos color rojo.	Día 3 - 7:35 pm Flor completamente cerrada con tépalos color rojo.
				

**Figura 15.** Secuencia de la apertura floral con duración de tres días correspondiente a los biotipos PTI 060, PTI-070, PTI-090, PTI-157, PTI-013, PTI-040, PTI-138, PTI-152, PTI-153.

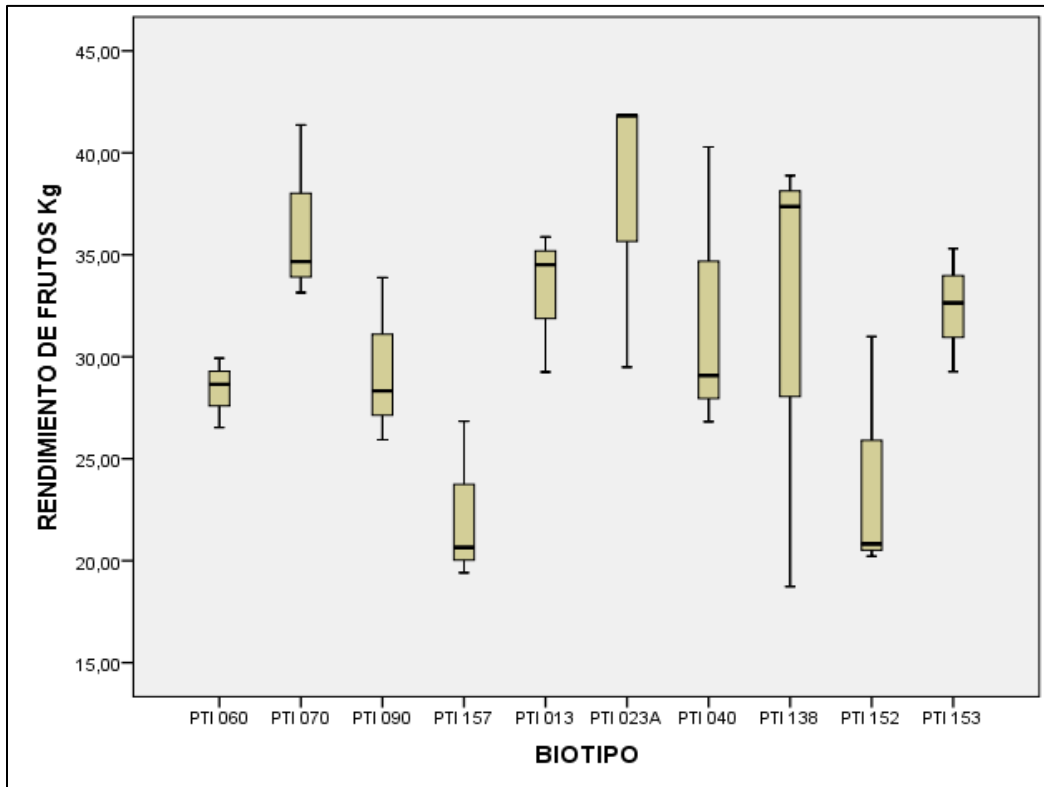
**4.2. Fructificación de los diferentes biotipos de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.**



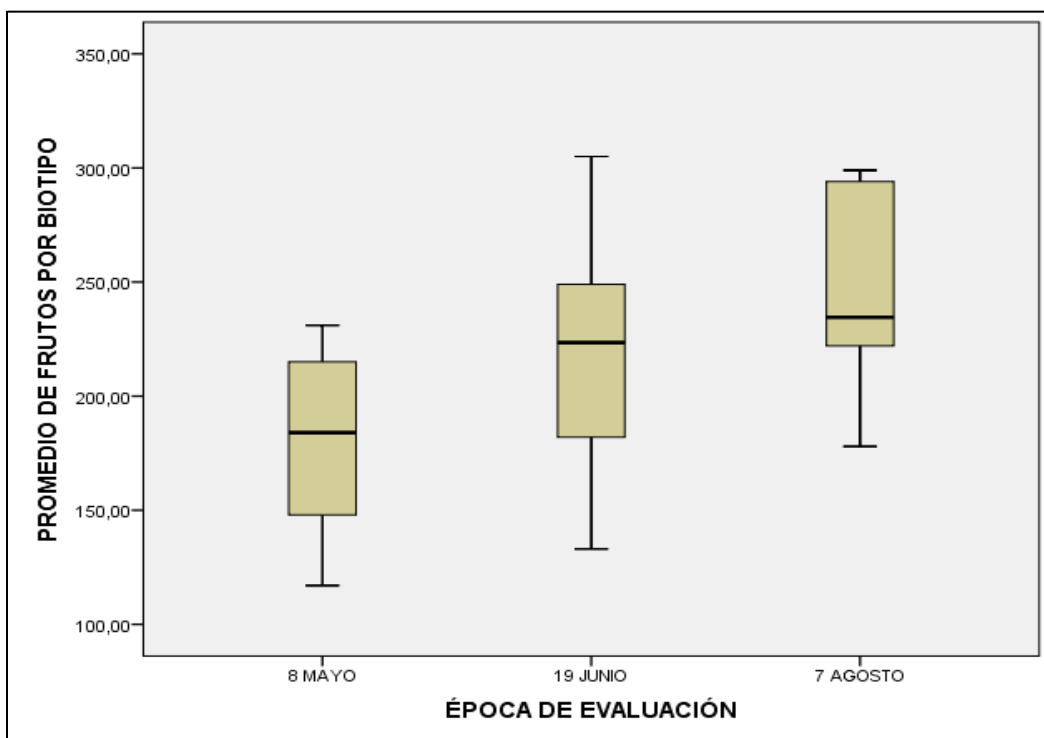
**Figura 16.** Promedio de frutos según biotipo de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.



**Figura 17.** Peso promedio en gramos del fruto según biotipos de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.

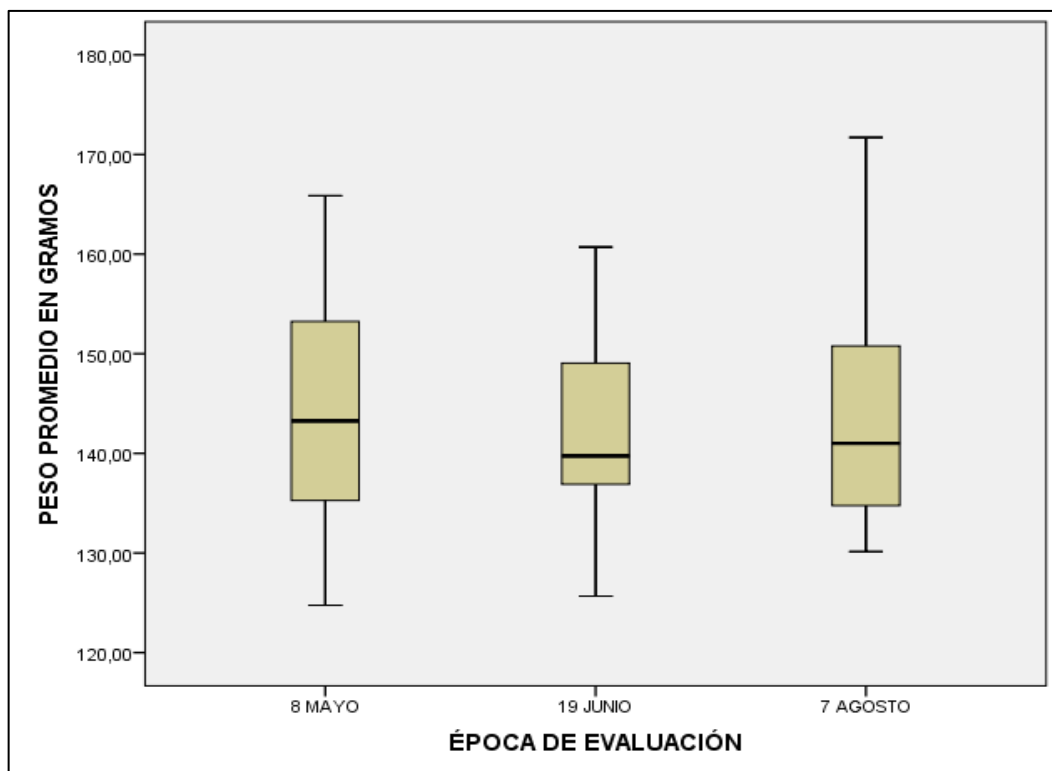


**Figura 18.** Rendimiento de frutos en Kilogramos (Kg) según biotipos de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.

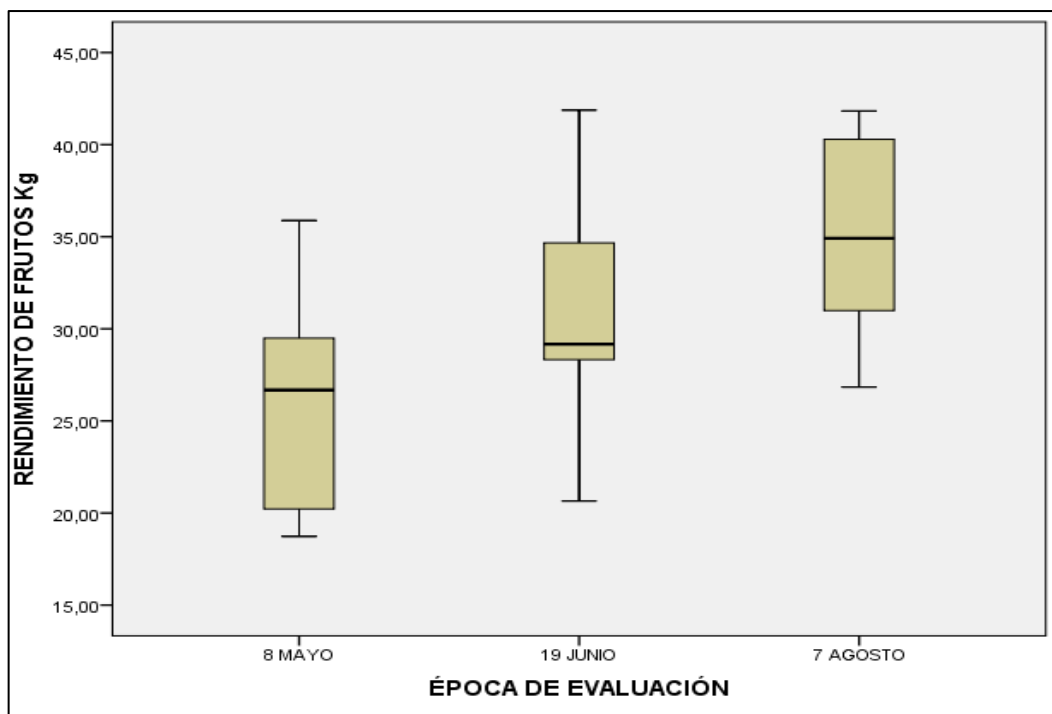


**Figura 19.** Promedio de frutos por biotipo según épocas de evaluación de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.





**Figura 20.** Peso promedio en gramos según épocas de evaluación de *Opuntia sp* "tuna" del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.



**Figura 21.** Rendimiento de frutos en kilogramos (Kg) según épocas de evaluación de *Opuntia sp* "tuna" del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA- Canaán INIA, Ayacucho.

**4.3. Relación de los biotipos con la fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016**

**Tabla 11.** Correlaciones de Pearson.

		BIOTIPO	ÉPOCA DE EVALUACIÓN	PROMEDIO DE FRUTOS POR BIOTIPO	PESO PROMEDIO EN GRAMOS	RENDIMIENTO DE FRUTOS Kg	Número de días (EBF) hasta la (M) del fruto	Temperatura acumulada (EBF) - (MH)
BIOTIPO	Correlación de Pearson	1	,000	-,059	,133	-,013	,071	,149
	Sig. (bilateral)		1,000	,756	,482	,944	,710	,431
	N	30	30	30	30	30	30	30
ÉPOCA DE EVALUACIÓN	Correlación de Pearson		1	,533	,015	,542	-,686	-,134
	Sig. (bilateral)			,002	,936	,002	,000	,479
	N		30	30	30	30	30	30

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos, en función a los objetivos señalados en el presente trabajo de investigación, fueron descritos en la sección anterior lo mismo que serán comparados con investigaciones precedentes, para ver la variación o similitud que garanticen la consistencia y analogía de los resultados.

Para determinar la fenología de la floración, se trabajó con tres indicadores (Emergencia del botón Floral, Antesis (periodo de apertura floral) y Madurez Hortícola) los cuales fueron contrastados con la metodología empleada en el trabajo de investigación Fenología, Productividad y Calidad de Fruto con y sin semilla en *Opuntia ficus-indica* en Montecillo, Texcoco, Edo. de México.<sup>3</sup>

La tabla 8 nos muestra el contraste de hipótesis para los días desde la Emergencia hasta la Antesis y Antesis hasta la madurez, según biotipos, el valor de  $p < 0,05$  nos conduce a aceptar la hipótesis alterna, por la cual se estima que no todos los biotipos evaluados tienen la misma distribución de días desde Emergencia – Antesis y Antesis – Madurez de frutos).

La figura 5 nos muestra la prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días desde la Emergencia (E) hasta la Antesis (A), donde se puede encontrar 4 biotipos que presentan menor número de días PTI-157, PTI-013, PTI-138 y PTI-153 requieren 47, 51, 52 y 53 días respectivamente desde la emergencia del botón floral hasta la antesis, mientras los biotipos PTI-060, PTI-023A, PTI-040, PTI-152, presentan 55 días desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Antesis (A) y los biotipos PTI-070, PTI-090 requirieron 59 y 60 días respectivamente.

La figura 6 nos muestra la Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días desde la Antesis hasta la Madurez, donde se encuentra a los biotipos PTI-013, PTI-153 presentan el menor número de días 86 y 89, mientras tanto los biotipos PTI-060, PTI-090, PTI-157 requirieron 92 días desde antesis (A) hasta la Madurez del fruto (M). Por otro lado, se tienen a los

biotipos PTI-070, PTI-023A, PTI-040 requieren 96, 97 y 98 días, respectivamente; así mismo, los biotipos PTI-138, PTI-152 requieren 101 y 106 días desde la antesis (A) hasta la Madurez Hortícola del fruto (MH).

En la tabla 9 nos muestra el contraste de hipótesis para los días, desde la Emergencia - Antesis y Antesis - Madurez, según épocas de evaluación, el valor de  $p < 0.05$  nos conduce a aceptar la hipótesis alterna, por la cual se estima que todos los biotipos evaluados no tienen la misma distribución de días desde Emergencia – Antesis y Antesis – Madurez según las épocas de evaluación).

La figura 7 nos muestra la prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días, desde la Emergencia hasta la Antesis según las épocas de evaluación, donde la tercera época de evaluación (7 de agosto del 2017) presenta que los frutos requieren el menor número de días con respecto a las dos primeras épocas de evaluación (19 de junio y 8 de mayo del 2017) los cuales fueron 52, 54, y 57 días, respectivamente.

La figura 8 nos muestra la comparación por parejas de épocas, para los días desde la Emergencia hasta la Antesis, donde cada nodo indica el rango de medias de muestras de épocas, cada fila prueba que la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas a un nivel de significancia de 0.05.

La figura 9 nos muestra la prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes de los días desde la Antesis (A) hasta la Madurez del fruto (M) según las épocas de evaluación, donde los frutos de la tercera época de evaluación (7 de agosto del 2017) requieren el menor número en comparación a las dos épocas de evaluación (19 de junio y 8 de mayo del 2017) los cuales fueron 87, 97, y 101 días, respectivamente.

La figura 10 muestra la comparación por parejas de épocas para los días, desde la Antesis hasta la Madurez del fruto, donde cada nodo indica el rango de medias de muestras de épocas, cada fila prueba que la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas a un nivel de significancia de 0.05.

En general, de la evaluación de la fenología de la floración desde, la Emergencia (E) hasta la Madurez del fruto (M), se encontró diferencia en cuanto a la precocidad; siendo los biotipos PTI-013, PTI-157, PTI-153, PTI-060 de precocidad intermedia 137, 139, 142, 148 días, respectivamente; mientras, los biotipos PTI-023A, PTI-090, PTI-138, PTI-040, PTI-070 y PTI-152 de precocidad tardía 152, 152, 153, 153, 155 y 160 días, respectivamente.

Según estudios realizados en Tepetlaoxtoc, Estado de México sobre la brotación de yemas, apertura y cierre floral y maduración del fruto en *Opuntia ficus-indica*. Encontraron que la duración requerida para que las yemas florales de CP-Azteca lleguen a la antesis y a la madurez de fruto fue variable entre fechas de aparición, el período se acortó conforme las yemas emergían más tarde, y fueron más variables los días a antesis que los días de antesis a madurez del fruto. Al comparar la fecha más temprana (16 de febrero) con la más tardía (1 de abril), se detectó que las yemas que emergieron (E) temprano requirieron 68 días para llegar a antesis (A), 104 días de antesis a madurez (M) del fruto y un total de 172 días para Emergencia a Madurez del fruto. Las yemas que emergieron el 1 de abril requirieron 42 días para Emergencia a Antesis, 110 días para Antesis a Madurez del fruto y 152 días para Emergencia a Madurez del fruto.<sup>3</sup>

Investigaciones similares realizadas en el área experimental de la Hacienda de Enseñanza, Investigación y Extensión de la Facultad de Ingeniería de Isla Solteira - UNESP, Brasil, en la que evaluaron la fenología y el crecimiento de los frutos. Donde la antesis ocurrió 30 días después de la emisión de la yema floríferas. Los frutos alcanzan la madurez fisiológica (punto de cosecha) a los 66 días siguientes del florecimiento, ya los 72 días se encuentran maduros, aptos para el consumo. El período de desarrollo de los frutos, desde la emisión de la gema florífera hasta la madurez fisiológica, fue de 102 días.<sup>57</sup>

Trabajos hechos en Marruecos sobre biología, floración y fructificación del cactus *Opuntia sp.* La floración de la pera de cactus no es sincrónica: las fases fenológicas se superponen con el inicio de la formación de yemas florales comienza mucho antes del final de la emisión de ambos. Los brotes vegetativos y florales, y la maduración de los frutos también pueden comenzar poco antes de la final de la floración. En el primer año de observaciones, la fase de floración fue más larga (78-85 días), durante el segundo año de observaciones, el período de floración fue de 65 días. Períodos similares que van de dos meses a 100 días para el período de maduración del fruto.<sup>58</sup>

Estudios en la Universidad Autónoma de Chapingo acerca del crecimiento de las catorce variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia sp*) bajo estudio se determinó que fue un proceso dinámico y heterogéneo porque la emergencia de las yemas florales fue asincrónica; los días que requieren las yemas florales para llegar al amarre del fruto varía entre variedades desde los 42 a 63 días y para que se alcanzó la madurez hortícola desde 105 a 154 días después del amarre del fruto.<sup>59</sup>

El ciclo de desarrollo de los frutos de tuna a partir del inicio de floración en la planta hasta la completa maduración del fruto y el punto máximo de desarrollo y la madurez fisiológica de los frutos se obtiene 80 días después de la antesis.<sup>9</sup>

Obtenidos los resultados de la investigación Fenología de la Floración y Fructificación de *Opuntia sp* "tuna" del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA – Canaán INÍA, Ayacucho y comparando con otras investigaciones realizadas realizados en lugares como: Brasil, Italia, Bolivia y México; se concluye que los 10 biotipos evaluados del Banco Nacional de Germoplasma de Tuna producidas en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Investigación Agraria – Ayacucho, son de precocidad intermedia y tardía porque van desde 137 hasta 160 días desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez Hortícola del fruto (MH); en Brasil y Bolivia los frutos son de precocidad muy temprana porque solo necesitan 96 y 100 días respectivamente desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez Hortícola del fruto (MH); mientras tanto, en Italia los frutos se encuentran en el rango de precocidad temprana 122 días, intermedia de 148 a 162 días desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez Hortícola del fruto (MH); por último, los resultados obtenidos en la investigación realizada se asemejan a los estudios realizados en Chapingo – México donde la precocidad del fruto es: menor a 120 días frutos de precocidad temprana, entre 121 a 150 días frutos de precocidad intermedia, 151 a 200 días frutos de precocidad tardía y > de 200 días frutos de precocidad muy tardía.<sup>3</sup>

La variación de días desde la Emergencia del Botón Floral (EBF) hasta la Madurez Hortícola del fruto (MH) entre biotipos y según la zona de estudio, se debe a las condiciones ambientales, ubicación geográfica de cada país o región, tipo de suelo y el pH, manejo de riego por goteo y desarrollo de las labores culturales (poda, abonamiento y limpieza).

La figura 11, 12 y 13 nos muestra la fenología de la floración y fructificación de la *Opuntia sp* "tuna" en las 3 épocas de evaluación (8 de mayo, 9 de junio y 7 de agosto DEL 2017) desde la Emergencia del Botón Floral (EBF), Antesis y la Madurez del fruto (M) los cuales presentan una curva de crecimiento de tipo sigmoideo, se evidencia a su vez en el anexo 22 los diferentes días que no son los mismos por biotipo y pos época de evaluación.

El patrón que se forma es una línea sigmoidea en las catorce variedades estudiadas; sin embargo, esta línea puede ser simple, doble y triple debido en

parte a la interacción genotipo-medio ambiente.<sup>59</sup> mientras que otra investigación señala que la curva de crecimiento de los frutos fue del tipo cuadrático.<sup>57</sup>

En la tabla 10. se puede apreciar el porcentaje del comportamiento de apertura floral (antesis) de 10 biotipos durante las tres fechas de evaluación, donde el biotipo PTI-023A tiene una duración de apertura floral de 2 días; mientras tanto, el resto de los biotipos tienen una duración de apertura floral de 3 días, los cuales se evidencian en la tercera época de evaluación (7 de agosto del 2017).

En la Figura 14 se muestra la secuencia de la apertura floral correspondiente a dos días del biotipo PTI-023A durante las tres épocas de evaluación 5 de mayo 2017, 19 de junio 2017 y 7 de agosto 2017.

En la Figura 15 se muestra la secuencia de la apertura floral con duración de tres días correspondiente a los biotipos PTI 060, PTI-070, PTI-090, PTI-157, PTI-013, PTI-040, PTI-138, PTI-152, PTI-153. Tanto en las flores con duración de dos y tres días se apreció cambios externos en la flor como son el cambio de la coloración de los pétalos, apertura y cierre se los pétalos con el transcurso de las horas.

La apertura floral en especies suculentas, parece ser independiente de la regulación externa, pues ocurre a diferentes horas del día en comparación con la apertura floral en otras especies, que están relacionados con la hora del día. El cierre de la flor puede ser independiente de la hora del día, lo cual indica que dicho cierre esté regulado por señales externas como temperatura y luz, por un ritmo interno y por el contenido de humedad de los cladodios. En la mayoría de las especies el cierre floral responde a factores externos de una manera similar a la apertura. En *Opuntia ficus-indica* var. Azteca-CP, sin embargo, el cierre parecer deberse a un ritmo endógeno. La presencia de un ritmo endógeno de apertura y cierre floral ha sido demostrada generalmente mediante la colocación de botones florales en luz u oscuridad constantes. En todas las especies investigadas el ritmo existe y continúa por un tiempo bajo luz constante u oscuridad, pero también puede ser afectado por cambios de luz a oscuridad o viceversa. Los ritmos circadianos en la apertura y cierre floral son altamente dependientes a cambios de luz a oscuridad (o viceversa). La temperatura puede ser también el estímulo, como ocurre en varias especies, desde un punto de vista ecológico y evolutivo, no es claro por qué en algunas especies las flores permanecen abiertas hasta su caída ni es obvio el por qué otras abren y cierran. La apertura y el cierre floral muestran una amplia gama de estrategias.

Probablemente éstas se han seleccionado para optimizar el éxito reproductivo con un costo metabólico mínimo. En *Opuntia sp* var. Azteca-CP, el comportamiento de apertura y cierre floral se atribuye a las condiciones semiáridas en donde comúnmente se desarrollan las plantas, pero el comportamiento no es homogéneo. El cierre floral, por ejemplo, puede reducir la pérdida de agua y restringir la entrada de microorganismos potencialmente dañinos. Las bacterias y los hongos generalmente no crecen en los tejidos finos de pétalos y tépalos secos, pero la presencia del agua (como el rocío) en las anteras y el estigma de las flores, o la alta humedad ambiental, apresura el crecimiento de hongos y bacterias.<sup>3</sup>

La figura 16 nos muestran el promedio de frutos según biotipos de *Opuntia sp* “tuna” en la que se aprecia dos grupos como se muestra en el anexo 12, siendo el biotipo PTI-023A presenta el mayor promedio de número de frutos 272, seguido del biotipo PTI-070, PTI-040, PTI-138, PTI-060, PTI-153, PTI-090, PTI-013 y PTI-152 con 258, 248, 231, 222, 211, 206, 181, 172 frutos respectivamente, entre los biotipos antes mencionados no existe diferencia significativa. Por último, el biotipo PTI-157 con 143 frutos.

La figura 17 muestran el peso promedio en gramos según biotipos de *Opuntia sp* “tuna” del cual se puede apreciar 4 grupos de clasificación en el anexo 13 siendo el biotipo PTI -013, PTI-157, PTI-153 con mejores pesos promedio de fruto 165, 157, 154 gramos, respectivamente; mientras tanto el peso promedio de los frutos de los biotipos PTI-090, PTI-070, PTI-152, PTI-023A, PTI-138, PTI-040 y PTI-060 son menores 143, 141, 140, 138, 138, 129 y 128 gramos, respectivamente. Según el descriptor morfológico elaborado por (Tineo, J) clasifica en cinco categorías para el indicador peso de fruto: muy pequeño (<80 g), pequeño (81-120), mediano (121-150 g), grande (151-200 g) y muy grande (> 201 g).<sup>39</sup>

García et al (1998) menciona que el tamaño de fruto para exportación debe pesar como mínimo 120 g.<sup>60</sup> En Italia, según el tamaño se clasifican en: frutos extra grandes: más de 160 gr, frutos primera clase: 120-160 gr, frutos segunda clase: 80-100 gr, frutos de tercera clase: menos de 80 gr.<sup>37</sup>; si comparamos con los resultados de trabajos similares con los de Italia los frutos evaluados están en el rango de frutos de primera clase y frutos grandes; mientras tanto, si se toma el descriptor de Tineo, J. están en el rango de frutos medianos (PTI-060, PTI-040, PTI-023A, PTI-138, PTI-152, PTI-070 y PTI-090) a frutos grandes (PTI-153, PTI-157 y PTI-013), pudiendo encontrarse hasta frutos muy grandes.



La figura 18 nos muestran el rendimiento de frutos (Kg) según biotipo de *Opuntia* sp “tuna” en la que el biotipo PTI-023A y PTI-070 presentan el mejor rendimiento 38 y 36 kilogramos, respectivamente; mientras tanto los biotipos PTI-153, PTI-040, PTI-138 presentaron el mismo rendimiento 32 kilogramos, y los biotipos PTI-013, PTI-090, PTI-060, PTI-152 y PTI-157 presentaron rendimientos menores iguales a 30 kilogramos respectivamente.

En la figura 19 nos muestra el promedio de frutos por biotipo según épocas de evaluación donde los frutos de la tercera época de evaluación (7 agosto) presentan mayor número de frutos 274 frutos en promedio en comparación con las dos épocas de evaluación (19 junio y 8 de mayo) 216 y 179 frutos en promedio respectivamente.

En la figura 20 nos muestra el peso promedio en gramos según épocas de evaluación donde los pesos promedios de la tercera época de evaluación (7 agosto) 141 gramos, son mayores que la primera y segunda época de evaluación (8 de mayo y 19 junio) 143 y 141 gramos, respectivamente.

En la figura 21 nos muestra el rendimiento de frutos en Kg según épocas de evaluación donde las muestras evaluadas en la tercera época de evaluación (7 agosto) presentan mejor rendimiento 35 Kg, mientras tanto la segunda y primera época de evaluación (19 junio y 8 de mayo) presentan 30 y 26 Kg, respectivamente.

De La Cruz, el rendimiento promedio nacional de tuna por hectárea cultivada fue de 6.3 toneladas, destacándose los estados de Puebla, México y Jalisco como principales productores con rendimiento promedio de 21; 10 y 9 toneladas, respectivamente. En las restantes entidades federativas Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis de Potosí y Zacatecas, no obstante que representan el 66,3 % del total de superficie cultivada, solamente participan con el 32,4% de la producción nacional. El rendimiento y/o producción depende de factores como la fertilización densidad de siembra y variedad utilizada, se considera adecuados rendimientos que oscilen entre los 5,000 y 12 ,000 Kg/ha de frutas de buena calidad. <sup>61</sup>

El rendimiento máximo presenta la selección “blanca”, 51 Kg/planta. Los rendimientos en plantaciones comerciales jóvenes (5-7 año) suelen ser entre 0.5 y1 Kg/planta; en adultos (20-30 años), entre 3 y 8 ton/ha, sin embargo, es necesario aclarar que en las plantaciones comerciales las prácticas culturales, fertilización y control de plagas y enfermedades son mínimas. <sup>62</sup>

La producción mundial de tuna fue estimada en 400,000 toneladas, siendo México e Italia los mayores productores; le siguen España y Sudáfrica donde se va incrementando la producción de este cultivo.<sup>63</sup>

El rendimiento en distintos países varía desde 4 t/ha-45t/ha. El principal de estas diferencias probablemente se deba a las diferentes técnicas de manejo y diseño del cultivo implementados en cada lugar.<sup>59</sup>

Las evaluaciones de la variedad de tuna amarilla realizadas en el Estado de Texas reportaron un rendimiento promedio por planta de 37,5 kg en plantaciones jóvenes (4 - 5 años) lo que da un rendimiento cerca de 37,5 ton / ha en condiciones sin riego ni fertilización.<sup>61</sup>

La productividad de la tuna depende en la mayor parte de las condiciones (tipo de suelo, fertilidad, precipitación, temperatura) de cada zona, región o país donde pueda desarrollarse. Este puede estar limitado por la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo y por el flujo de la iluminación fotosintética. Las técnicas de manejo apuntan a optimizar esos factores para maximizar el rendimiento y mejorar la calidad de los frutos.

El rendimiento, en términos de calidad y cantidad, está determinado por las condiciones ambientales de la localidad en donde se desarrolla el cultivo y las prácticas de manejo, las condiciones climáticas influyen de manera directa e el tamaño de la planta, su fenología y la duración del tiempo de desarrollo y maduración de los frutos.

En la tabla 11 muestra las correlaciones de Pearson de las variables observables empleadas en la relación de los biotipos con la fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* "tuna". Para la interpretación del coeficiente de correlación se tomó en cuenta al trabajo realizado por (Laguna, C)<sup>64</sup> Donde se tiene una significancia de 0,756 mayor que 0,01 por lo que se acepta la hipótesis nula (Ho), entonces no existe una relación entre el biotipo y el promedio de frutos por biotipo. Asimismo, se tiene una significancia de 0,482 mayor que 0,01 por lo que se acepta la Ho, entonces no existe una relación lineal entre el biotipo y el peso promedio de los frutos. Entre el biotipo y el rendimiento de frutos existe una significancia de 0,944 que es mayor que 0,01 por lo que se acepta la Ho y no existe relación entre estas dos variables. Las variables de biotipo y el número de días desde la emergencia del botón floral (EBF) hasta la madurez (M) del fruto existe una significancia de 0,710 mayor que 0,01 por lo que se acepta la Ho y no existe una relación lineal.

Entre las variables época de evaluación y el promedio de frutos por biotipo se tiene una significancia de 0,002 menor que 0,01 por lo que se rechaza la  $H_0$ , entonces existe una relación lineal entre estas dos variables. Esta relación es moderada +0,533 (está en el rango  $>0,4$  a  $< 0,6$ ) y directamente proporcional (tiene signo positivo). Se tiene una significancia de 0,936 mayor que 0,01 por lo que se acepta la  $H_0$ , entonces no existe una relación lineal entre época de evaluación y peso promedio en gramos. Asimismo, se tiene una significancia de 0,002 menor que 0,01 por lo que se rechaza la  $H_0$ , entonces existe una relación lineal entre las variables de época de evaluación y el rendimiento de frutos. Esta relación es moderada +0,542 (está en el rango  $>0,4$  a  $< 0,6$ ) y directamente proporcional. Las variables época de evaluación y número de días desde la emergencia del botón floral (EBF) hasta la madurez (M) del fruto tienen una significancia de 0,000 menor de 0,01 por lo que se rechaza la  $H_0$ , entonces existe una relación lineal entre estas dos variables. Esta relación es alta -0,686 (está en el rango  $>0,6$  a  $< 0,8$ ) e inversamente proporcional (tiene signo negativo)



## VI. CONCLUSIONES

1. La fenología de la floración de *Opuntia sp* "tuna" del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, varía de acuerdo a cada biotipo y en cada época de floración. Se encontró diferencia en cuanto a la fenología; siendo los biotipos PTI-157, PTI-013, PTI-153, PTI-060 de precocidad intermedia 137, 139, 142, 148 días, respectivamente mientras los biotipos PTI-023A, PTI-090, PTI-138, PTI-040, PTI-070 y PTI-152 de precocidad tardía 152, 152, 153, 153, 155 y 160 días, respectivamente.
2. Los biotipos con mayor fructificación fueron el biotipo PTI-023A y PTI-070 siendo 38 y 36 kilogramos/biotipo respectivamente, mientras tanto los biotipos PTI-153, PTI-040, PTI-138 presentan una fructificación de 32 kilogramos/biotipo y PTI-013, PTI-090, PTI-060, PTI-152 y PTI-157 tiene fructificación inferior a los 30 kilogramos/biotipo.
3. Existe una relación positiva entre las variables de época de evaluación con promedio de frutos por biotipo ( $r = 0,533$ ) y época de evaluación con rendimiento de frutos ( $r = 0,542$ ). Así mismo, se tiene una relación inversa entre las variables época de evaluación con número de días ( $r = -0,686$ ). Los requerimientos de la temperatura acumulada no son tan exigentes de una época de evaluación con otra época de evaluación en la fenología de la *Opuntia sp*.



## VII. RECOMENDACIONES

1. A la Dirección Regional Agraria de Ayacucho, se puede utilizar por su potencial productivo los biotipos PTI-023A, PTI-070 Y PTI-153 en la región.
2. Al Instituto Nacional de Innovación Agraria, promover el cultivo de la tuna ya que son importantes para afrontar el cambio climático global por su capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>.
3. A los profesionales de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, realizar más investigaciones respecto a las fases de desarrollo y producción de *Opuntia sp* “tuna”, así como en fertilización y abonamiento.
4. Los estudios sobre la fenología de la floración y fructificación de la *Opuntia sp* “tuna” no son numerosas por lo que deberían realizar investigaciones que proporcionen una explicación sobre diferencias en el comportamiento de las variedades con respecto a su producción de tuna fruta.





## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Inglese, P. F Basile, M Schirra. Cactus pear fruit production In Nobel P S (ed.). Cacti Biology and Uses. University of California Press USA: pp 163 - 183, 2002.
2. DRAA, Gobierno Regional de Ayacucho. Fortalecimiento de Capacidades para la producción de Tuna en la Región de Ayacucho. S.I.: Huamanga - Ayacucho, 2015. 64.
3. Hernández, C. Fenología, Productividad y Calidad de Fruto con y sin semilla en *Opuntia ficus indica*. Montecillo, Texcoco. EDO de México: s.n., 2009.
4. Erick De la Barrera, Eulogio Pimienta-Barrios, and Jorge E. Schondube Perspectives in Biophysical Plant Ecophysiology: A Tribute to Park S. Nobel, pp. 301–335 Universidad Nacional Autónoma de México 2009.
5. Massio Labra, F. Grassi, M. Bardini, S. Imazio, A. Guigui, S. Citterio, E. Banfi & S. Sgorbati. Genetic relationships in *Opuntia* Mill (Cactaceae) detected by molecular marker. Universit of Milano - Bicocca, Piazza della Scienza. Milan - Italia: s.n., 2008.
6. Frank, Nicolás. [En línea] [Citado el: 12 de diciembre de 2016.] <http://www.provar.uchile.cl/doc/TunaLSCPP.pdf>. 12 pp.
7. Zegbe, J. y Mena, J. Modificación de la floración, maduración y época de cosecha del nopal tunero (*Opuntia spp*). Zacatecas - México: s.n., 2010.
8. Méndez gallegos, S.J., J. García Herrera. Biodiversitas. [En línea] septiembre - octubre de 2011. [Citado el: 22 de octubre de 2016.] <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv68art1.pdf>. 68: 1 - 5 pp.
9. Aguilar, G. Producción forzada de nopal (*Opuntia ficus - indica*, cv) Tlaconopla mediante anillado parcial. S.I.: Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28 (3): 295 – 298, 211.
10. Amaya Robles, Julio E. "El cultivo de Tuna " *Opuntia ficus indica*, Gerencia Regional Agraria La Libertad. Trujillo - Perú: s.n., 2009, 18 p.
11. Quispe, J. Caracterización y Evaluación del Banco Nacional de Tunas (*Opuntia spp*). Ayacucho - Perú: s.n., 2006.
12. Barthott, W. and D.R. Hunt. Cactaceae. In: K. Kubitzki (Eds). The Families and Genera of Vascular, Vol. II: Flowering Plants. Springer Verlag. Berlin/Heidelberg, Germany.: s.n, 1993. 161 - 197 pp.
13. Sáenz, C. et. al. Utilización agroindustrial del nopal. Roma: Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO N° 162, 2006. 113 pp.
14. Avendaño, E. Et. al. Conociendo la Cadena Productiva de tuna y cochinilla en Ayacucho, Solid Perú. Ayacucho - Perú: s.n., 2008. 145 pp.
15. Flores, C., J de Luna y P. Ramírez. El mercado mundial de la tuna. Informe final. Programa de Nopal del CIESTAAN de la Universidad de Chapingo, México. México. Autónoma Chapingo: s.n., 1995.
16. Ríos, J., Quintana, V. Manejo general del Cultivo de Nopal, Colegio de Postgraduados, Secretaría de la Reforma Agraria. México, Puebla, San Luis Potosí, -Tabasco: s.n., diciembre 2004. 81 pp.
17. Flores, A., Trejo, R., Arreola J. G., Orona, I., Acosta, G. Conservación, Manejo y Evaluación del Germoplasma Comercial de Nopal (*Opuntia spp*). URUZA – UA Chapingo. s.n., agosto 2004.
18. Odoux, E. A. Domínguez - López. Le figuier de Barbarie: une source industrielle de bétalaines Fruits. 1996. Vol. 56. 56 (1): 61- 77 pp.
19. Pimienta - Barrios E, R F Del Castillo. Reproductive Biology. In: Cacti Biology and Uses. University of Califotrnia Press. USA: P S Nobel, 2002. pp 75 - 90.

20. Rosas, C M P. Polinización y Fase progámica en *Opuntia spp.* Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán: s.n., 1984.
21. Rosas C M P, E B Pimienta. Polinización y fase progámica en nopal (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller) tunero. fitotecnia. 1986. 164 - 176 pp.
22. Warrington I J, E T Kanemasu. Growth response to temperature and photoperiod. I: Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. S.I: Agronomy journal, 1983. 75: 749 - 754 pp.
23. Hodges, T. Temperature and water stress effects on phenology. In: Hodges, T. USA: Predicting crop phenology. CRS Press, Inc., 1991.
24. Aounallah. Et, al. Flower development and heat requirement of cactus pear (*Opuntia ficus - indica* (mill.) l.) cv. gialla growing under tunisian conditions. Acta Hort. (ISHS). 2009. 811: 275 - 280 PP.
25. BosqueNatural.org. Copyright 2011 Bosque Tropical. [En línea] <http://amazoniaforestal.blogspot.pe/2011/floracion-fructificacion-y-fenologia.html>.
26. Heike, V. Lista florística de plantas vasculares silvestres en San Juan Quetzalcoapan, Tlaxcala, México. Escuela de Ciencias. Universidad del Estado de México. Acta Botánica Mexicana: s.n., 1997.
27. Viguera, G. Algunas plantas insecticidas utilizadas tradicionalmente en México. In: V Congreso Estatal de Biología. IV Jornadas de Biología. División de Ciencias Ambientales. Universidad de Guadalajara. Biólogos Colegiados de Jalisco. México: s.n., 1997.
28. México., Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de. Tintes vegetales. Cartilla teórico-práctica en educación ambiental. SEDUE. Subsecretaria de Ecología. México: s.n., 1989. 33 pp.
29. Nobel, P. Ecofisiología de *Opuntia ficus-indica*. In: El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje Estudio FAO producción y protección vegetal. México: s.n., 1999.
30. Sudzuki, F., C. Muñoz y H. Berger. El cultivo de la tuna (Cactus Pear). Departamento de Reproducción Agrícola. Universidad de Chile. Chile: s.n., 1993.
31. Ríos, J. y V. Quintana. Manejo general del cultivo del nopal. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, México: s.n., 2004.
32. Álvarez, B. Análisis de Factibilidad del cultivo de la Tuna en la Localidad de Icaño, Departamento La Paz. Dirección Provincial de Programación del Desarrollo. Ministerio de Producción y Desarrollo. Gobierno de la Provincia de Catamarca. Argentina: s.n., 2007.
33. Pascual, M. Rojas, C. Del Val, B. Carabias, J. Fanjul, L. De La Cruz, J. Nopal Tunero "*Opuntia spp.*". El cultivo alternativo para zonas áridas y semiáridas de México. México: s.n. 32 pp.
34. Quispe, A. Ecología de la Provincia de Huamanga (Zonas de Vida), Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho - Perú: s.n., 1998.
35. Magallanes, C. Cactáceas de la Provincia de Huamanga, Tesis para optar el grado de Maagister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú: s.n., 1997.
36. Abundiz-Bonilla, L. El género *Selaginella* Pal. Beauv. (Selaginellaceae, Lycopodiophyta) en el oeste del Estado de México. Acta Botánica Mexicana. No II. Instituto de Ecología. 1990. 23 - 47 pp.
37. Chessa, I. & Nieddu, G. Descriptors cactus pear (*Opuntia spp.*) FAO International Cooperation Network on Cactus Pear. Universita Degli Studi di Riego Calabria Italia: s.n., 1997.

38. García, A., et. al. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología - CIIDIR - IPN. Durango, Dgo. México: s.n., 1998. 179 pp.
39. Tineo, J. Caracterización morfológica y evaluación de caracteres agronómicos del Banco Nacional de Germoplasma de Tuna del INÍA, EEA Canaán. Ayacucho - Perú: s.n., 2010. 60 pp.
40. Méndez, G. et. al. Recomendaciones para el establecimiento de plantaciones de nopal tunero en el Altiplano Potosino. Coedición Colegio de Postgraduados-Comisión Nacional de las Zonas Áridas. México: s.n., 2004. 24 pp. ISBN: 968-839- 421-1.
41. Ocex, Milan. El cultivo de la tuna en Italia, Oficina Comercial del Perú en Milan - Reporte de Inteligencia Nr. 02 / 2016. Italia: s.n., 2016. 14 pp.
42. Flores Flores, V. I. Situación del nopal en el Perú. Coordinador Nacional de la Red Internacional de Cooperación Técnica en Nopal FAO-Perú: memorias del X Congreso Nacional y VIII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal y otras Cactáceas. Chapingo - México: s.n., 2004.
43. Flores, A., Acosta, G., Murillo, B., Trejo, R, Arreola, J. Evaluación preliminar de la reserva de nopal (*Opuntia spp*) en la Región Laguna Chihuahua. Chihuahua - México: s.n., 2005. 6 pp.
44. Bejerano, J. y Machín, D. Estudio preliminar del uso de coagulantes naturales (tunas y sábila) en la clarificación de agua para consumo humano. Tesis. Facultad de Ingeniería Química. Instituto Superior Politécnico “José A. Echevarría”. La Habana - Cuba: s.n., 2000.
45. Canseco, V., Canseco, B. Manual Práctico de cultivo de nopal Tunero para los Valles Centrales y Mixteca del Estado de Oaxaca. México: s.n., 2013. 15 pp.
46. Yzarra, W. López, F. SENAMHI. [En línea] [Citado el: 16 de octubre de 2016.] [http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/manual\\_fenologico.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/manual_fenologico.pdf). 99 pp.
47. Iriondo, J. M. Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid: s.n., 2001. Prot. Veg. Vol. 16 (1), 20 pp.
48. ICA. ICA - Comunica. Instituto Nacional Colombiano. [En línea] [Citado el: 15 de noviembre de 2016.] <http://www.ica.gov.co/periodico-virtual/Prensa/Informe-especial-Bancos-de-Germoplas.apsx>.
49. INTA. Agenda INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [En línea] [Citado el: 5 de diciembre de 2016.] <http://inta.gob.ar/unidades/211000/banco-base-de-germoplasma>.
50. INIA. [En línea] [Citado el: 30 de octubre de 2016.] <http://www.inia.gob.pe/programas/recursos-geneticos>.
51. Congreso de la República. Constitución Política del peru.p.1- 42 Lima-Perú.; 1993. [http://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucionparte1993-12-09-2017.pdf]
52. Ministerio del Ambiente Perú. Ley General del Ambiente.Ley.28611 del 15 de octubre de Lima-Perú p.1-168; 2005.
53. Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los Recursos Naturales. ley 28621 de 26 de junio Lima-Perú; 1997.
54. Congreso de la república. Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica. Ley N°26839 de 08 de julio. Lima – Perú, 1997.
55. INIA. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Ubicación Geográfica de la Estación Experimental INIA-Canaán (internet) disponible en:

56. [http://Inia.gov.pe/Canaán/Ubicacion Canaán](http://Inia.gov.pe/Canaán/Ubicacion%20Canaán); 2017.
57. Segantini D, Torres L, Boliani A, Leonel S, FENOLOGIA DA FIGUEIRA-DA-ÍNDIA EM SELVÍRIA – MS Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 32, n. 2, p. 630-636, Junho 2010
58. Arba M, Falisse A, Choukr-Allah R, Sindic M. Biology, Flowering and Fruiting of the Cactus *Opuntia* spp.: A Review and Some Observations on Three Varieties in Morocco. Vol.60: e17160568, January-December 2017 <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2017160568> ISSN 1678-4324 Online Edition.
59. Ramírez J, Fenología y valor Nutracéutico de diversas variedades pigmentadas de Tuna (*Opuntia* sp); Universidad Autónoma de Chapingo – México EDO de México 2012, pp 79.
60. GARCÍA A. et. al. (1998). Pináceas de Durango. Instituto de Ecología CIIDIR-IPN. Durango, Dgo. México.179 p.
61. De la cruz, J. Cultivo alternativo para las zona áridas y semiáridas de México, Instituto Nacional de Ecología. México. 2014.
62. Pimienta, B. El nopal tunero aspectos técnicos y socioeconómicos del nopal *Opuntia* spp. México, 2013
63. Gallegos, C. La tuna criterios y técnicas para su producción comercial. Universidad Autónoma de Chapingo fundación produce zacatecas, A. C. colegio de postgraduados mexico.2015
64. Laguna, C. correlación y regresión lineal. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud, Zaragoza, España 2016

## **ANEXOS**



**Anexo 1.** Ficha de evaluación para yemas florales y maduración del fruto.

<b>Fase de Evaluación</b>							
		Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud
<b>BIOTIPO 1</b>	<b>REP</b>	<b>17</b>		<b>28</b>		<b>32</b>	
PTI 060	1						
PTI 060	...						
PTI 060	13						
<b>BIOTIPO 2</b>	<b>REP</b>	<b>13</b>		<b>24</b>		<b>25</b>	
PTI-070	1						
PTI-070	...						
PTI-070	13						
<b>BIOTIPO 3</b>	<b>REP</b>	<b>10</b>		<b>14</b>		<b>23</b>	
PTI-090	1						
PTI-090	...						
PTI-090	13						
<b>BIOTIPO 4</b>	<b>REP</b>	<b>21</b>		<b>28</b>		<b>29</b>	
PTI-157	1						
PTI-157	...						
PTI-157	13						
<b>BIOTIPO 5</b>	<b>REP</b>	<b>4</b>		<b>15</b>		<b>19</b>	
PTI-011	1						
PTI-011	...						
PTI-011	13						
<b>BIOTIPO 6</b>	<b>REP</b>	<b>4</b>		<b>11</b>		<b>25</b>	
PTI-023A	1						
PTI-023A	...						
PTI-023A	13						
<b>BIOTIPO 7</b>	<b>REP</b>	<b>18</b>		<b>25</b>		<b>31</b>	
PTI-040	1						
PTI-040	...						
PTI-040	13						
<b>BIOTIPO 8</b>	<b>REP</b>	<b>12</b>		<b>28</b>		<b>30</b>	
PTI-138	1						
PTI-138	...						
PTI-138	13						
<b>BIOTIPO 9</b>	<b>REP</b>	<b>6</b>		<b>12</b>		<b>30</b>	
PTI-152	1						
PTI-152	...						
PTI-152	13						
<b>BIOTIPO 10</b>	<b>REP</b>	<b>3</b>		<b>18</b>		<b>26</b>	
PTI-153	1						
PTI-153	...						
PTI-153	13						

**Anexo 2.** Ficha de evaluación para antesis.

FECHA:		Fase de Evaluación														
		7:00 a. m.	10:00 a. m.	1:00 p. m.	4:00 p. m.	7:00 p. m.	7:00 a. m.	10:00 a. m.	1:00 p. m.	4:00 p. m.	7:00 p. m.	7:00 a. m.	10:00 a. m.	1:00 p. m.	4:00 p. m.	7:00 p. m.
<b>BIOTIPO 1</b>	<b>REP</b>	<b>17</b>					<b>28</b>					<b>32</b>				
<b>PTI 060</b>	<b>1</b>															
<b>PTI 060</b>	<b>13</b>															
<b>BIOTIPO 2</b>	<b>REP</b>	<b>13</b>					<b>24</b>					<b>25</b>				
<b>PTI-070</b>	<b>1</b>															
<b>PTI-070</b>	<b>13</b>															
<b>BIOTIPO 3</b>	<b>REP</b>	<b>10</b>					<b>14</b>					<b>23</b>				
<b>PTI-090</b>	<b>1</b>															
<b>PTI-090</b>	<b>13</b>															
<b>BIOTIPO 4</b>	<b>REP</b>	<b>21</b>					<b>28</b>					<b>29</b>				
<b>PTI-157</b>	<b>1</b>															
<b>PTI-157</b>	<b>13</b>															
<b>BIOTIPO 5</b>	<b>REP</b>	<b>4</b>					<b>15</b>					<b>19</b>				
<b>PTI-011</b>	<b>1</b>															
<b>PTI-011</b>	<b>13</b>															
<b>BIOTIPO 6</b>	<b>REP</b>	<b>4</b>					<b>11</b>					<b>25</b>				
<b>PTI-023A</b>	<b>1</b>															
<b>PTI-023A</b>	<b>13</b>															
<b>BIOTIPO 7</b>	<b>REP</b>	<b>18</b>					<b>25</b>					<b>31</b>				
<b>PTI-040</b>	<b>1</b>															
<b>PTI-040</b>	<b>13</b>															
<b>PROMEDIO</b>																
<b>BIOTIPO 8</b>	<b>REP</b>	<b>12</b>					<b>28</b>					<b>30</b>				
<b>PTI-138</b>	<b>1</b>															
<b>PTI-138</b>	<b>13</b>															
<b>BIOTIPO 9</b>	<b>REP</b>	<b>6</b>					<b>12</b>					<b>30</b>				
<b>PTI-152</b>	<b>1</b>															
<b>PTI-152</b>	<b>13</b>															
<b>BIOTIPO 10</b>	<b>REP</b>	<b>3</b>					<b>18</b>					<b>26</b>				
<b>PTI-153</b>	<b>1</b>															
<b>PTI-153</b>	<b>13</b>															



**Anexo 3.** Ficha de evaluación para rendimiento de frutos por planta.

<b>BIOTIPO</b>	<b>REP</b>	<b>FRUTOS POR PLANTA</b>	<b>PROMEDIO DE FRUTOS/ BIOTIPO</b>
PTI 060	1		
PTI 060	2		
PTI 060	3		
PTI-070	1		
PTI-070	2		
PTI-070	3		
PTI-090	1		
PTI-090	2		
PTI-090	3		
PTI-157	1		
PTI-157	2		
PTI-157	3		
PTI-011	1		
PTI-011	2		
PTI-011	3		
PTI-023A	1		
PTI-023A	2		
PTI-023A	3		
PTI-040	1		
PTI-040	2		
PTI-040	3		
PTI-138	1		
PTI-138	2		
PTI-138	3		
PTI-152	1		
PTI-152	2		
PTI-152	3		
PTI-153	1		
PTI-153	2		
PTI-153	3		

**Anexo 4.** Delimitación de las muestras de los distintos biotipos de *Opuntia* sp “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma – INIA – Ayacucho – 2018.





**Anexo 5.** Marcaje y evaluación de los frutos con sus respectivas repeticiones de los distintos biotipos de *Opuntia* sp “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma – INIA – Ayacucho – 2018.



**Anexo 6.** Prueba de normalidad para los días de floración según biotipos de *Opuntia sp* "tuna".

BIOTIPOS	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Días desde la Emergencia hasta la Antesis	PTI 060	,122	39	,148	,949	39	,073
	PTI 070	,235	39	,000	,897	39	,002
	PTI 090	,113	39	,200 <sup>*</sup>	,961	39	,186
	PTI 157	,198	39	,001	,884	39	,001
	PTI 013	,195	39	,001	,931	39	,019
	PTI 023A	,249	39	,000	,889	39	,001
	PTI 040	,145	39	,038	,957	39	,142
	PTI 138	,170	39	,006	,922	39	,010
	PTI 152	,156	39	,018	,924	39	,012
	PTI 153	,164	39	,010	,887	39	,001
Días desde la Antesis hasta la maduración	PTI 060	,103	39	,200 <sup>*</sup>	,977	39	,592
	PTI 070	,121	39	,161	,985	39	,878
	PTI 090	,080	39	,200 <sup>*</sup>	,983	39	,803
	PTI 157	,134	39	,075	,932	39	,020
	PTI 013	,128	39	,108	,963	39	,231
	PTI 023A	,125	39	,126	,960	39	,172
	PTI 040	,223	39	,000	,841	39	,000
	PTI 138	,107	39	,200 <sup>*</sup>	,978	39	,643
	PTI 152	,108	39	,200 <sup>*</sup>	,955	39	,118
	PTI 153	,144	39	,042	,923	39	,011

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

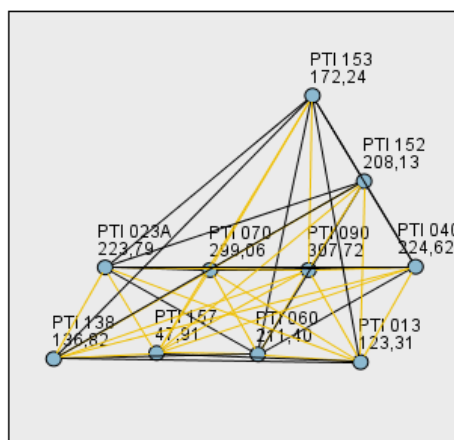
a. Corrección de significación de Lilliefors

**Anexo 7. Comparación por parejas de Biotipos, para los días desde la Emergencia hasta la antesis de *Opuntia sp* "tuna."**

Cada nodo muestra el rango de media de muestras de BIOTIPOS.

**Comparaciones por parejas de BIOTIPOS**

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
PTI 157-PTI 013	-75,397	25,471	-2,960	,003	,138
PTI 157-PTI 138	-88,910	25,471	-3,491	,000	,022
PTI 157-PTI 153	-124,333	25,471	-4,881	,000	,000
PTI 157-PTI 152	-160,218	25,471	-6,290	,000	,000
PTI 157-PTI 060	163,487	25,471	6,419	,000	,000
PTI 157-PTI 023A	-175,885	25,471	-6,905	,000	,000
PTI 157-PTI 040	-176,705	25,471	-6,938	,000	,000
PTI 157-PTI 070	251,154	25,471	9,861	,000	,000
PTI 157-PTI 090	259,808	25,471	10,200	,000	,000
PTI 013-PTI 138	-13,513	25,471	-,531	,596	1,000
PTI 013-PTI 153	-48,936	25,471	-1,921	,055	1,000
PTI 013-PTI 152	-84,821	25,471	-3,330	,001	,039
PTI 013-PTI 060	88,090	25,471	3,458	,001	,024
PTI 013-PTI 023A	-100,487	25,471	-3,945	,000	,004
PTI 013-PTI 040	-101,308	25,471	-3,977	,000	,003
PTI 013-PTI 070	175,756	25,471	6,900	,000	,000
PTI 013-PTI 090	184,410	25,471	7,240	,000	,000
PTI 138-PTI 153	-35,423	25,471	-1,391	,164	1,000
PTI 138-PTI 152	-71,308	25,471	-2,800	,005	,230
PTI 138-PTI 060	74,577	25,471	2,928	,003	,154
PTI 138-PTI 023A	86,974	25,471	3,415	,001	,029
PTI 138-PTI 040	87,795	25,471	3,447	,001	,026
PTI 138-PTI 070	162,244	25,471	6,370	,000	,000
PTI 138-PTI 090	170,897	25,471	6,710	,000	,000
PTI 153-PTI 152	35,885	25,471	1,409	,159	1,000
PTI 153-PTI 060	39,154	25,471	1,537	,124	1,000
PTI 153-PTI 023A	51,551	25,471	2,024	,043	1,000
PTI 153-PTI 040	52,372	25,471	2,056	,040	1,000
PTI 153-PTI 070	126,821	25,471	4,979	,000	,000
PTI 153-PTI 090	135,474	25,471	5,319	,000	,000
PTI 152-PTI 060	3,269	25,471	,128	,898	1,000
PTI 152-PTI 023A	15,667	25,471	,615	,538	1,000
PTI 152-PTI 040	16,487	25,471	,647	,517	1,000
PTI 152-PTI 070	90,936	25,471	3,570	,000	,016
PTI 152-PTI 090	99,590	25,471	3,910	,000	,004
PTI 060-PTI 023A	-12,397	25,471	-,487	,626	1,000
PTI 060-PTI 040	-13,218	25,471	-,519	,604	1,000
PTI 060-PTI 070	-87,667	25,471	-3,442	,001	,026
PTI 060-PTI 090	-96,321	25,471	-3,782	,000	,007
PTI 023A-PTI 040	-,821	25,471	-,032	,974	1,000
PTI 023A-PTI 070	75,269	25,471	2,955	,003	,141
PTI 023A-PTI 090	83,923	25,471	3,295	,001	,044
PTI 040-PTI 070	74,449	25,471	2,923	,003	,156
PTI 040-PTI 090	83,103	25,471	3,263	,001	,050
PTI 070-PTI 090	-8,654	25,471	-,340	,734	1,000



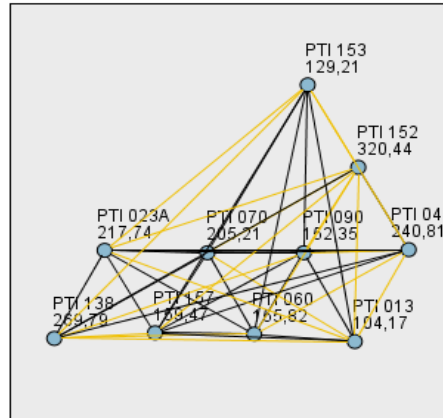
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

**Anexo 8.** Comparación por parejas de Biotipos, para los días desde la Antesis hasta la Madurez del fruto de *Opuntia sp* “tuna.”

Cada nodo muestra el rango de media de muestras de BIOTIPOS.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
PTI 013-PTI 153	-25,038	25,515	-.981	,326	1,000
PTI 013-PTI 090	48,179	25,515	1,888	,059	1,000
PTI 013-PTI 060	51,654	25,515	2,024	,043	1,000
PTI 013-PTI 157	55,308	25,515	2,168	,030	1,000
PTI 013-PTI 070	101,038	25,515	3,960	,000	,003
PTI 013-PTI 023A	-113,577	25,515	-4,451	,000	,000
PTI 013-PTI 040	-136,641	25,515	-5,355	,000	,000
PTI 013-PTI 138	-165,628	25,515	-6,491	,000	,000
PTI 013-PTI 152	-216,269	25,515	-8,476	,000	,000
PTI 153-PTI 090	23,141	25,515	,907	,364	1,000
PTI 153-PTI 060	26,615	25,515	1,043	,297	1,000
PTI 153-PTI 157	30,269	25,515	1,186	,235	1,000
PTI 153-PTI 070	76,000	25,515	2,979	,003	,130
PTI 153-PTI 023A	88,538	25,515	3,470	,001	,023
PTI 153-PTI 040	111,603	25,515	4,374	,000	,001
PTI 153-PTI 138	140,590	25,515	5,510	,000	,000
PTI 153-PTI 152	191,231	25,515	7,495	,000	,000
PTI 090-PTI 060	3,474	25,515	,136	,892	1,000
PTI 090-PTI 157	-7,128	25,515	-.279	,780	1,000
PTI 090-PTI 070	52,859	25,515	2,072	,038	1,000
PTI 090-PTI 023A	-65,397	25,515	-2,563	,010	,467
PTI 090-PTI 040	-88,462	25,515	-3,467	,001	,024
PTI 090-PTI 138	-117,449	25,515	-4,603	,000	,000
PTI 090-PTI 152	-168,090	25,515	-6,588	,000	,000
PTI 060-PTI 157	-3,654	25,515	-.143	,886	1,000
PTI 060-PTI 070	-49,385	25,515	-1,936	,053	1,000
PTI 060-PTI 023A	-61,923	25,515	-2,427	,015	,685
PTI 060-PTI 040	-84,987	25,515	-3,331	,001	,039
PTI 060-PTI 138	-113,974	25,515	-4,467	,000	,000
PTI 060-PTI 152	-164,615	25,515	-6,452	,000	,000
PTI 157-PTI 070	45,731	25,515	1,792	,073	1,000
PTI 157-PTI 023A	-58,269	25,515	-2,284	,022	1,000
PTI 157-PTI 040	-81,333	25,515	-3,188	,001	,065
PTI 157-PTI 138	-110,321	25,515	-4,324	,000	,001
PTI 157-PTI 152	-160,962	25,515	-6,309	,000	,000
PTI 070-PTI 023A	-12,538	25,515	-.491	,623	1,000
PTI 070-PTI 040	-35,603	25,515	-1,395	,163	1,000
PTI 070-PTI 138	-64,590	25,515	-2,531	,011	,511
PTI 070-PTI 152	-115,231	25,515	-4,516	,000	,000
PTI 023A-PTI 040	-23,064	25,515	-.904	,366	1,000
PTI 023A-PTI 138	-52,051	25,515	-2,040	,041	1,000
PTI 023A-PTI 152	-102,692	25,515	-4,025	,000	,003
PTI 040-PTI 138	-28,987	25,515	-1,136	,256	1,000
PTI 040-PTI 152	-79,628	25,515	-3,121	,002	,081
PTI 138-PTI 152	-50,641	25,515	-1,985	,047	1,000

**Comparaciones por parejas de BIOTIPOS**



Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

**Anexo 9.** Prueba de normalidad para los días de floración por épocas de evaluación de *Opuntia sp* “tuna”.

ÉPOCAS		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Días desde la	8 Mayo	,086	130	,020	,975	130	,019
Emergencia	19 Junio	,086	130	,020	,980	130	,058
hasta la Antesis	7 Agosto	,140	130	,000	,940	130	,000
Días desde la	8 Mayo	,079	130	,047	,988	130	,317
Antesis hasta la	19 Junio	,079	130	,047	,983	130	,110
maduración	7 Agosto	,098	130	,004	,962	130	,001

a. Corrección de significación de Lilliefors

P > 0.05 Acepta la Hipótesis nula Ho

P < 0.05 Rechaza Ho, se acepta la hipótesis alterna H1

Ho = Los datos tienen distribución normal

H1 = Los datos NO tienen distribución normal

Existe Biotipos que no tiene distribución normal, por lo tanto, se asume pruebas estadísticas NO PARAMÉTRICAS.

**Anexo 10.** Prueba de normalidad de fructificación según biotipos de *Opuntia sp* “tuna”.

	BIOTIPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PROMEDIO DE FRUTOS POR BIOTIPO	PTI 060	,356	3	.	,818	3	,157
	PTI 070	,278	3	.	,940	3	,527
	PTI 090	,218	3	.	,988	3	,787
	PTI 157	,287	3	.	,930	3	,488
	PTI 013	,192	3	.	,997	3	,895
	PTI 023A	,343	3	.	,843	3	,222
	PTI 040	,323	3	.	,879	3	,321
	PTI 138	,352	3	.	,825	3	,176
	PTI 152	,366	3	.	,796	3	,105
	PTI 153	,354	3	.	,822	3	,168
PESO PROMEDIO EN GRAMOS	PTI 060	,208	3	.	,992	3	,827
	PTI 070	,298	3	.	,915	3	,436
	PTI 090	,296	3	.	,918	3	,445
	PTI 157	,271	3	.	,948	3	,559
	PTI 013	,318	3	.	,886	3	,342
	PTI023A	,276	3	.	,942	3	,537
	PTI 040	,328	3	.	,871	3	,297
	PTI 138	,280	3	.	,938	3	,519
	PTI 152	,316	3	.	,889	3	,352
	PTI 153	,209	3	.	,991	3	,822
RENDIMIENTO DE FRUTOS Kg	PTI 060	,231	3	.	,980	3	,729
	PTI 070	,320	3	.	,883	3	,334
	PTI 090	,268	3	.	,950	3	,570
	PTI 157	,327	3	.	,871	3	,299
	PTI 013	,311	3	.	,897	3	,376
	PTI 023A	,384	3	.	,752	3	,005
	PTI 040	,327	3	.	,872	3	,300
	PTI 138	,361	3	.	,806	3	,129
	PTI 152	,368	3	.	,792	3	,095
	PTI 153	,197	3	.	,996	3	,872

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los datos según biotipos presentan una distribución normal, por lo que se realiza el Análisis de Varianza.



**Anexo 11.** Análisis de varianza de fructificación según biotipos de *Opuntia sp* “tuna”.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PROMEDIO DE FRUTOS POR BIOTIPO	Entre grupos	44828,667	9	4980,963	2,795	,027
	Dentro de grupos	35642,000	20	1782,100		
	Total	80470,667	29			
PESO PROMEDIO EN GRAMOS	Entre grupos	3905,871	9	433,986	19,413	,000
	Dentro de grupos	447,101	20	22,355		
	Total	4352,972	29			
RENDIMIENTO DE FRUTOS Kg	Entre grupos	649,044	9	72,116	2,111	,079
	Dentro de grupos	683,159	20	34,158		
	Total	1332,203	29			

**Anexo 12.** Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el promedio de frutos por biotipo de *Opuntia sp* "tuna".

BIOTIPO	N°	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
PTI 157	3	142,66	
PTI 152	3	171,66	171,66
PTI 013	3	180,66	180,66
PTI 090	3	206,00	206,00
PTI 153	3	210,66	210,66
PTI 060	3	222,00	222,00
PTI 138	3	231,00	231,00
PTI 040	3	248,00	248,00
PTI 070	3	258,33	258,33
PTI 023A	3		272,33
Sig.		,072	,164

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

**Anexo 13.** Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el peso promedio en gramos según biotipos de *Opuntia sp* "tuna".

BIOTIPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
PTI 060	3	127,783			
PTI 040	3	128,646			
PTI 138	3	138,156	138,156		
PTI 023A	3	138,270	138,270		
PTI 152	3	140,183	140,183	140,183	
PTI 070	3	140,990	140,990	140,990	
PTI 090	3		142,830	142,830	
PTI 153	3			153,790	153,790
PTI 157	3				157,296
PTI 013	3				165,060
Sig.		,064	,962	,052	,164

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

**Anexo 14.** Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el rendimiento de frutos en Kg según biotipos de *Opuntia sp* “tuna”.

BIOTIPO	N	Subconjunto
		para alfa = 0.05 1
PTI 157	3	22,300
PTI 152	3	24,010
PTI 060	3	28,370
PTI 090	3	29,380
PTI 138	3	31,663
PTI 040	3	32,063
PTI 153	3	32,406
PTI 013	3	33,213
PTI 070	3	36,396
PTI 023A	3	37,730
Sig.		,092

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

**Anexo 15.** Prueba de normalidad de fructificación según épocas de evaluación de *Opuntia sp* “tuna”.

	ÉPOCA DE EVALUACIÓN	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PROMEDIO DE FRUTOS POR BIOTIPO	8 Mayo	,165	10	,200 <sup>*</sup>	,943	10	,586
	19 Junio	,119	10	,200 <sup>*</sup>	,973	10	,919
	7 Agosto	,230	10	,143	,887	10	,157
PESO	8 Mayo	,125	10	,200 <sup>*</sup>	,956	10	,740
PROMEDIO EN GRAMOS	19 Junio	,149	10	,200 <sup>*</sup>	,957	10	,752
	7 Agosto	,265	10	,045	,882	10	,138
RENDIMIENTO DE FRUTOS Kg	8 Mayo	,164	10	,200 <sup>*</sup>	,939	10	,546
	19 Junio	,182	10	,200 <sup>*</sup>	,947	10	,630
	7 Agosto	,152	10	,200 <sup>*</sup>	,943	10	,582

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los datos según épocas de evaluación presentan una distribución normal, por lo que se realiza el Análisis de Varianza.

**Anexo 16.** Análisis de varianza de fructificación según épocas de evaluación de *Opuntia sp* "tuna".

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PROMEDIO DE FRUTOS POR BIOTIPO	Entre grupos	22912,867	2	11456,433	5,374	,011
	Dentro de grupos	57557,800	27	2131,770		
	Total	80470,667	29			
PESO PROMEDIO EN GRAMOS	Entre grupos	42,688	2	21,344	,134	,875
	Dentro de grupos	4310,284	27	159,640		
	Total	4352,972	29			
RENDIMIENTO DE FRUTOS Kg	Entre grupos	393,467	2	196,733	5,658	,009
	Dentro de grupos	938,736	27	34,768		
	Total	1332,203	29			

**Anexo 17.** Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el promedio de frutos en Kg según épocas de evaluación de *Opuntia sp* “tuna”.

ÉPOCA DE EVALUACIÓN	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
8 MAYO	10	179,500	
19 JUNIO	10	216,400	216,400
7 AGOSTO	10		247,100
Sig.		,193	,313

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.

**Anexo 18.** Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el peso promedio en gramos según épocas de evaluación.

<b>ÉPOCA DE EVALUACIÓN</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>
		<b>1</b>
19 JUNIO	10	141,634
8 MAYO	10	143,908
7 AGOSTO	10	144,360
Sig.		,880

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.



**Anexo 19.** Prueba HSD Tukey <sup>(a)</sup> para el rendimiento de frutos en Kg, según épocas de evaluación.

ÉPOCA DE EVALUACIÓN	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
8 MAYO	10	26,543	
19 JUNIO	10	30,333	30,333
7 AGOSTO	10		35,384
Sig.		,337	,154

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.

**Anexo 20.** Prueba de normalidad para relacionar los biotipos con la fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* "tuna".

BIOTIPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
PTI 060	,204	3	.	,993	3	,843	
PTI 070	,349	3	.	,832	3	,194	
PTI 090	,349	3	.	,832	3	,194	
Número de días	PTI 157	,292	3	.	,923	3	,463
desde (EBF)	PTI 013	,253	3	.	,964	3	,637
hasta la (M) del	PTI 023A	,216	3	.	,989	3	,797
fruto	PTI 040	,324	3	.	,877	3	,314
	PTI 138	,232	3	.	,980	3	,726
	PTI 152	,187	3	.	,998	3	,915
	PTI 153	,198	3	.	,995	3	,868
	PTI 060	,325	3	.	,875	3	,310
	PTI 070	,363	3	.	,801	3	,117
	PTI 090	,307	3	.	,903	3	,395
Temperatura	PTI 157	,226	3	.	,983	3	,751
acumulada (EBF)	PTI 013	,348	3	.	,833	3	,196
- (MH)	PTI 023A	,274	3	.	,944	3	,544
	PTI 040	,299	3	.	,915	3	,434
	PTI 138	,253	3	.	,965	3	,638
	PTI 152	,360	3	.	,809	3	,136
	PTI 153	,283	3	.	,935	3	,506

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Anexo 21.** Correlación de Pearson entre las diferentes variables.

		BIOTIPO	ÉPOCA DE EVALUACIÓN	PROMEDIO DE FRUTOS POR BIOTIPO	PESO PROMEDIO EN GRAMOS	RENDIMIENTO DE FRUTOS Kg	Número de días desde (EBF) hasta la (M) del fruto	Temperatura acumulada (EBF) - (MH)
BIOTIPO	Correlación de Pearson	1	,000	-,059	,133	-,013	,071	,149
	Sig. (bilateral)		1,000	,756	,482	,944	,710	,431
N		30	30	30	30	30	30	30
ÉPOCA DE EVALUACIÓN	Correlación de Pearson		1	,533**	,015	,542**	-,686**	-,134
	Sig. (bilateral)			,002	,936	,002	,000	,479
N			30	30	30	30	30	30
PROMEDIO DE FRUTOS POR BIOTIPO	Correlación de Pearson			1	-,472**	,892**	-,141	,155
	Sig. (bilateral)				,009	,000	,457	,413
N				30	30	30	30	30
PESO PROMEDIO EN GRAMOS	Correlación de Pearson				1	-,090	-,500**	-,472**
	Sig. (bilateral)					,637	,005	,008
N					30	30	30	30
RENDIMIENTO DE FRUTOS Kg	Correlación de Pearson					1	-,337	,001
	Sig. (bilateral)						,069	,995
N						30	30	30
Número de días desde (EBF) hasta la (M) del fruto	Correlación de Pearson						1	,495**
	Sig. (bilateral)							,005
N							30	30
Temperatura acumulada (EBF) - (MH)	Correlación de Pearson							1
	Sig. (bilateral)							
N								30

**Anexo 22.** Promedio del número de días de la fenología de la floración de *Opuntia sp tuna* de las tres épocas de evaluación (05 de mayo, 19 de junio y 7 de agosto del 2017).

BIOTIPO	ÉPOCA DE EVALUACIÓN	Número de días desde EBF - A	Número de días desde A - FV	Número de días desde FV- IP	Número de días desde IP - madurez 80 % pericarpio	Total del número de días desde E-M
PTI 060	8 de mayo	61	52	21	20	154
PTI 060	19 de junio	54	56	14	24	148
PTI 060	7 de agosto	50	52	20	18	140
PTI-070	8 de mayo	63	60	15	23	161
PTI-070	19 de junio	58	56	14	24	152
PTI-070	7 de agosto	56	55	14	28	153
PTI-090	8 de mayo	65	56	14	24	159
PTI-090	19 de junio	61	56	18	22	157
PTI-090	7 de agosto	55	56	14	16	141
PTI-157	8 de mayo	49	63	14	21	147
PTI-157	19 de junio	47	56	14	25	142
PTI-157	7 de agosto	44	49	16	18	127
PTI-013	8 de mayo	55	55	14	24	148
PTI-013	19 de junio	50	56	13	21	140
PTI-013	7 de agosto	48	42	16	18	124
PTI-023A	8 de mayo	56	63	16	30	165
PTI-023A	19 de junio	55	56	14	29	154
PTI-023A	7 de agosto	54	49	14	21	138
PTI-040	8 de mayo	56	64	21	28	169
PTI-040	19 de junio	55	56	16	35	162
PTI-040	7 de agosto	54	46	14	15	129
PTI-138	8 de mayo	53	63	14	27	157
PTI-138	19 de junio	51	63	14	24	152
PTI-138	7 de agosto	51	56	14	28	149
PTI-152	8 de mayo	56	63	18	30	167
PTI-152	19 de junio	56	55	18	31	160
PTI-152	7 de agosto	52	56	21	25	154
PTI-153	8 de mayo	55	64	15	21	155
PTI-153	19 de junio	53	54	14	20	141
PTI-153	7 de agosto	52	49	15	14	130

EBF: emergencia del botón floral, A: antesis, FV: fruto verde, IP: inicio de pigmentación del fruto, MH: madurez hortícola del fruto a una coloración del pericarpio de 80 %.

**Anexo 23.** Temperatura acumulada de la fenología de la floración de *Opuntia sp* “tuna” de las tres épocas de evaluación (05 de mayo, 19 de junio y 7 de agosto del 2017).

BIOTIPO	EPOCA DE EVALUACIÓN	Temperatura acumulada °C desde la EBF-A	Temperatura acumulada °C desde A MH	Temperatura total acumulada desde EBF - MH
PTI 060	8 de mayo	956.87	1409.02	2365.88
PTI 060	19 de junio	767.17	1338.17	2105.35
PTI 060	7 de agosto	823.33	1497.54	2320.87
PTI-070	8 de mayo	989.66	1474.38	2464.04
PTI-070	19 de junio	829.07	1348.62	2177.69
PTI-070	7 de agosto	926.67	1558.37	2485.04
PTI-090	8 de mayo	1012.81	1422.50	2435.31
PTI-090	19 de junio	856.54	1385.14	2241.68
PTI-090	7 de agosto	909.68	1579.02	2488.70
PTI-157	8 de mayo	817.22	1254.93	2072.16
PTI-157	19 de junio	663.58	1366.07	2029.65
PTI-157	7 de agosto	713.36	1426.31	2139.67
PTI-013	8 de mayo	871.63	1360.38	2232.01
PTI-013	19 de junio	709.59	1290.87	2000.46
PTI-013	7 de agosto	789.48	1416.53	2206.01
PTI-023A	8 de mayo	880.08	1614.42	2494.51
PTI-023A	19 de junio	777.16	1396.91	2174.07
PTI-023A	7 de agosto	893.36	1508.47	2401.83
PTI-040	8 de mayo	1134.87	1627.74	2762.60
PTI-040	19 de junio	789.86	1522.93	2312.79
PTI-040	7 de agosto	889.96	1528.83	2418.79
PTI-138	8 de mayo	871.73	1653.47	2525.20
PTI-138	19 de junio	736.48	1417.70	2154.18
PTI-138	7 de agosto	855.45	1545.82	2401.27
PTI-152	8 de mayo	950.62	1631.90	2582.53
PTI-152	19 de junio	811.85	1480.82	2292.67
PTI-152	7 de agosto	1010.29	1549.30	2559.59
PTI-153	8 de mayo	866.14	1504.80	2370.94
PTI-153	19 de junio	754.43	1247.25	2001.68
PTI-153	7 de agosto	895.04	1375.86	2270.90

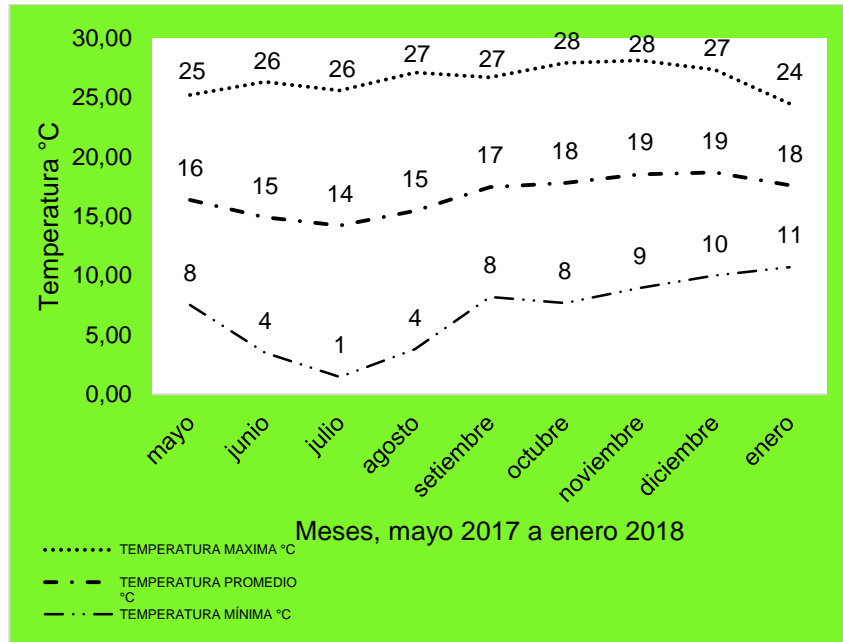
EBF: emergencia del botón floral, A: antesis, MH: madurez hortícola del fruto a una coloración del pericarpio de 80 %.

**Anexo 24.** Número de días desde la emergencia de botón floral hasta la madurez hortícola del fruto, temperatura acumulada EBF- MH, promedio de frutos por biotipo, peso promedio de frutos y rendimiento de frutos.

BIOTIPO	Época de evaluación	Número de días desde (EBF) hasta la (M) del fruto	Temperatura acumulada (EBF) - (MH)	Numero de frutos/ biotipo	Peso promedio de frutos (g)	Rendimiento de frutos en Kg.
PTI 060	1	154	2365.88	208	127.55	26.53
PTI 060	2	148	2105.35	228	125.67	28.65
PTI 060	3	140	2320.87	230	130.13	29.93
PTI-070	1	161	2464.04	231	143.50	33.15
PTI-070	2	152	2177.69	249	139.23	34.67
PTI-070	3	153	2485.04	295	140.24	41.37
PTI-090	1	159	2435.31	177	146.50	25.93
PTI-090	2	157	2241.68	202	140.24	28.33
PTI-090	3	141	2488.70	239	141.75	33.88
PTI-157	1	147	2072.16	117	165.86	19.41
PTI-157	2	142	2029.65	133	155.25	20.65
PTI-157	3	127	2139.67	178	150.78	26.84
PTI-013	1	148	2232.01	159	162.78	25.88
PTI-013	2	140	2000.46	182	160.70	29.25
PTI-013	3	124	2206.01	201	171.70	34.51
PTI-023A	1	165	2494.51	218	135.27	29.49
PTI-023A	2	154	2174.07	305	137.27	41.87
PTI-023A	3	138	2401.83	294	142.27	41.83
PTI-040	1	169	2762.60	215	124.76	26.82
PTI-040	2	162	2312.79	230	126.42	29.08
PTI-040	3	129	2418.79	299	134.76	40.29
PTI-138	1	157	2525.20	131	143.01	18.73
PTI-138	2	152	2154.18	273	136.90	37.37
PTI-138	3	149	2401.27	289	134.56	38.89
PTI-152	1	167	2582.53	148	136.60	20.22
PTI-152	2	160	2292.67	143	145.60	20.82
PTI-152	3	154	2559.59	224	138.35	30.99
PTI-153	1	155	2370.94	191	153.25	29.27
PTI-153	2	141	2001.68	219	149.06	32.64
PTI-153	3	130	2270.90	222	159.06	35.31

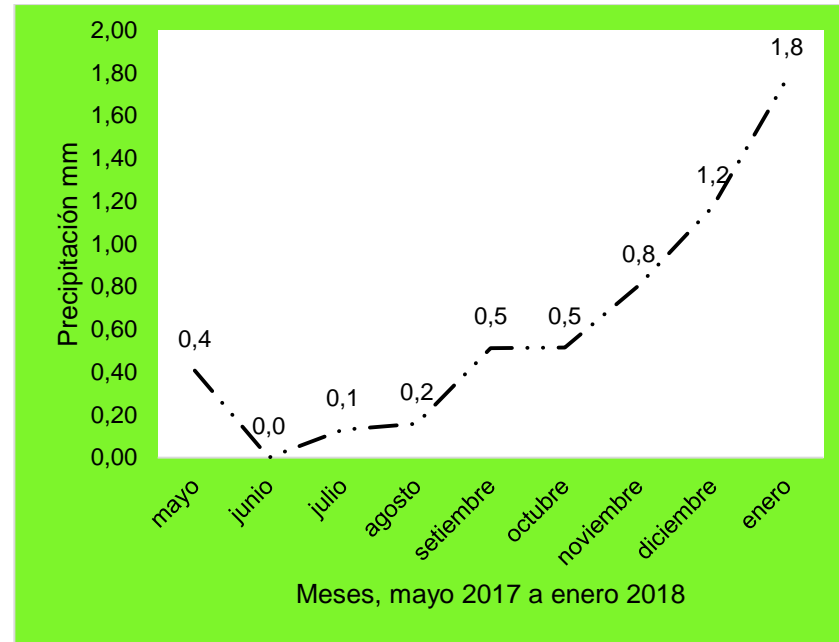
Leyenda: EBF: Emergencia de botón floral, MH: madurez hortícola del fruto 80 % coloración del pericarpio. Época de evaluación (1) 8 de mayo (2) 19 de junio y (3) 7 de agosto.

**Anexo 25.** Temperatura y precipitación registradas.



A

A) Fluctuación de las temperaturas máximas, temperatura promedio y temperatura mínima durante los meses de mayo del 2017 a enero del 2018.



B

B) Fluctuación de la precipitación durante los meses de mayo del 2017 a enero del 2018 en la EEA – Canaán INÍA, Ayacucho.

\* Fuente: SENAMHI - Dirección de Redes de Observación y Datos - Estación: INIA CANAAN - 472AD10E Latitud: 13 10' .42" Longitud: 74 12' 22.9" Departamento: Ayacucho Provincia: Huamanga Distrito: San Juan Bautista.

## Anexo 26. Matriz de consistencia.

TÍTULO: Fenología de la floración y fructificación de *Opuntia sp* “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>¿Cuál es la Fenología de la floración y fructificación de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016?</p> <p><b>Problema específico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la Fenología de la floración de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016?</li> <li>• ¿Cómo es la fructificación de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar la Fenología de la floración y fructificación de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Determinar la fenología de la floración de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.</p> <p>Comparar la fructificación entre los diferentes biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.</p> <p>Relacionar los biotipos con la fenología de la floración y fructificación de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA, Ayacucho 2016.</p>	<p><b>Antecedentes</b></p> <p>Internacional</p> <p>Nacional</p> <p>Local</p> <p><b>Marco teórico:</b></p> <p>INIA</p> <p>Banco de germoplasma.</p> <p>La tuna “<i>Opuntia sp</i>”</p> <p>Nombres comunes.</p> <p>Origen de la tuna</p> <p>Fenología</p> <p>Podas</p> <p>Distribución y datos ecológicos</p> <p>Usos de la tuna</p> <p>Características botánicas</p> <p>Problemas fitosanitarios.</p>	<p><b>Variable en estudio e indicadores:</b></p> <p>Biotipos de <i>Opuntia sp</i> “tuna”</p> <p>-Fenología de la floración del fruto de <i>Opuntia sp</i> “tuna” del Banco Nacional de Germoplasma de la EEA-Canaán INÍA.</p> <p><b>Indicadores de la fenología de la floración y fructificación</b></p> <p>Emergencia de yema floral</p> <p>Antesis</p> <p>Maduración del fruto</p> <p>Frutos por planta</p>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Básica</p> <p><b>Nivel de Investigación</b></p> <p>Descriptiva</p> <p><b>Diseño:</b> descriptiva</p> <p><b>Muestreo:</b></p> <p>Unidad de análisis: 30 individuos de 10 biotipos de <i>Opuntia sp</i></p> <p><b>Área de estudio.</b></p> <p>El presente estudio fue realizado en el Banco Nacional de Germoplasma de Tuna-INIA-Canaán del distrito de Andrés Avelino Cáceres de la provincia de Huamanga, región Ayacucho. (Coordenadas UTM: 586023.00 m E; 8544500.00 m S; 2740 msnm). y la ubicación del experimento está ubicado en las (Coordenadas UTM: 586286.00 m E; 8544500.00 m S; 2735 msnm).</p> <p><b>Método y procedimiento</b></p> <p>30 individuos de 10 biotipos de <i>Opuntia sp</i> Con tres individuos por cada biotipo</p> <p>Para el estudio de la fenología de la floración y fructificación se evaluará 39 frutos por cada biotipo, 13 frutos por planta.</p> <p><b>Análisis de Datos</b></p> <p>Análisis de varianza de un solo factor</p> <p>Prueba Tukey 95% <math>\alpha = 0,05</math></p>