



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**TUTOREO DE PLANTAS DE PAPA Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO EN INVERNADERO**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

ANA CECILIA ROJAS PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre de 2022



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**TUTOREO DE PLANTAS DE PAPA Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO EN INVERNADERO**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

ANA CECILIA ROJAS PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ

ASESORES

DRA. DELIA MORENO VELÁZQUEZ

M. C. FABIEL VÁZQUEZ CRUZ

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre 2022.

La presente tesis titulada: **Tutoreo de plantas de papa y su relación con el crecimiento y rendimiento en invernadero**, y realizada por **Ana Cecilia Rojas Pérez** ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: **Dr. Sigfrido David Morales Fernández**

Asesor: **Dra. Delia Moreno Velázquez**

Asesor: **M. C. Fabiel Vázquez Cruz**

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre de 2022.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **Manejo Integral de Cultivos Agrícolas** y de la Línea de Investigación: **Cambios fisiológicos, fisicoquímicos y bioquímicos en el manejo de cultivos y productos hortofrutícolas**. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIA

A Dios por la oportunidad de cumplir mis sueños y metas, porque siempre está conmigo en cada momento de mi vida, porque de alguna manera u otra siempre lo siento presente en mi corazón, por darme fortaleza, por cuidarme y guiarme, por su amor hacia mí.

A mis padres Sra. Victoria Pérez Vázquez y Sr. Salvador Rojas Reyes por ser unos maravillosos padres, por creer en mi capacidad de lograr mis sueños, por su amor y apoyo incondicional, su sacrificio y esfuerzo para darme una carrera para mi futuro, por siempre estar para mí y hermanas, son mi motivación y una inspiración para salir adelante, muchísimas gracias con todo mi amor.

A mis hermanas Angy, Sandi, Marí, Flor, Clau y Dany por su apoyo incondicional, que cada una en sus posibilidades me brindaron, siempre estaré agradecida con ustedes, por creer en mí, que podría lograrlo, por sus comprensión, paciencia, cariño y amor.

A mis sobrinos Santiago, Camila, María José, Fátima, Regina, Jesús, Juan Pablo, Daniel, Ángel, Mateo y Edén son mis niños, porque cada momento que tengo con ustedes es especial y sé que me quieren tanto como yo a ustedes.

A mis amigos Danely y Rey David por apoyo incondicional y cariño, siempre por sus consejos, por los momentos compartidos juntos, son muy importantes para mí.

A los Ingenieros Citlali, Nelly, Mariela, Emy, Javier y Alberto, por hacer muy amena mi estadía durante toda la carrera, por su apoyo, cariño, confianza y su amistad, por formar parte de formación personal y académica. ¡Gracias!

A mis amigos: Monse, Bren, Iani, Isaac, Elfe, Rodrigo y Roberto, por todos los momentos que compartimos buenos y malos, esto también va por ustedes, en la universidad, durante mi estancia en Teziutlán, son parte importante de este logro, los quiero mucho.

A mis amigas, Marlene y Diana Caro por su amistad, significa mucho, por todos los momentos compartidos, tienen un lugar en mi corazón, sé que es mutuo.

A mis amigos Fer, Mau, Moni, Emi, por su amistad, su apoyo y cariño, los quiero mucho.

A mi director de tesis Dr. Sigfrido David Morales Fernández, por su apoyo incondicional, en la realización de este trabajo de tesis, por orientarme, brindarme sus conocimientos y su paciencia.

A los profesores de la facultad que forman parte de mi formación personal y académica. Gracias por compartir sus conocimientos, experiencias y sus sabios consejos que me ayudaran en un futuro en mi vida profesional y sobre todo por su amistad.

Al personal administrativo y de apoyo por brindarme siempre su apoyo en lo que se necesitara, por la amistad formada durante mi estadía en la universidad, muchísimas gracias.

A las personas que conocí, durante mi estancia en la universidad, que me acompañaron durante este proceso, ¡que me brindaron su apoyo! Muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, mi alma mater por permitirme ser parte de esta universidad cursar mi educación superior en la cual me forme personal académica y profesionalmente.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias por permitirme estar en sus aulas brindarme los espacios necesarios, en los cuales aprendí, para mi formación profesional y así lograr mis objetivos en la carrera de Ingeniería Agrohidráulica.

Al Dr. Sigfrido David Morales Fernández por su apoyo incondicional para la realización de esta investigación, por el tiempo, conocimientos y paciencia que me brindo en este trabajo y durante sus clases a lo largo de la universidad. ¡Muchas gracias!

A la Dra. Delia Moreno Velázquez, por su contribución profesional para la realización y revisión en este trabajo de investigación y formar parte de mi formación académica, durante la carrera, por sus consejos y sugerencias que me ayudaran en mi futuro profesional.

Al Mc. Fabiel Vázquez Cruz por su apoyo en la realización de este trabajo de tesis, por brindarme sus conocimientos, apoyo en la parte experimental y por sus aportaciones valiosas en la revisión de este trabajo, además, de compartir sus conocimientos mediante sus clases.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Origen del cultivo	5
4.2. Importancia.....	6
4.2.1. Importancia nutrimental	6
4.2.2. Importancia económica.....	6
4.2.3. Producción mundial.....	6
4.2.4. Producción nacional	7
4.3. Fenología	8
4.3.1. Etapa de crecimiento vegetativo.....	8
4.3.2. Etapa de tuberización.....	8
4.3.3. Madurez fisiológica	9
4.4. Rendimiento y sus componentes	9
4.5. Gravedad específica.....	9
4.6. ¿Qué es el tutorado?	10
4.6.1.Cuál es la función del tutorado	11
4.6.2. Tutorado en diversos cultivos.....	11
4.7. Tutorado en papa	11
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1. Localización de área de estudio.....	13
5.2. Material vegetal	13
5.3. Establecimiento del experimento.....	15
5.4. Diseño experimental	15
5.5. Variables evaluadas	15
5.5.1. Variables evaluadas en invernadero	16
5.5.2. Variables evaluadas en laboratorio.....	17

5.6. Análisis estadístico	18
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
6.1. Temperatura.....	19
6.2. Análisis de varianza del crecimiento, rendimiento, materia seca y gravedad específica del cultivo de papa.....	20
6.3.1. Variedades	21
6.3.2. Tutorío.....	23
6.4. Interacción variedades por tutorío	24
6.4.1. Crecimiento	24
6.4.2. Rendimiento y sus componentes	25
6.4.3. Materia seca y gravedad específica	27
VII. CONCLUSIONES	29
VIII. LITERATURA CITADA	30

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Principales países productores de papa en el mundo – volumen miles de toneladas, en 2019.....	7
Cuadro 2. Principales características de las variedades de papa utilizadas en la investigación.....	14
Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el experimento.....	15
Cuadro 4. Temperaturas del aire semanal registradas en condiciones de invernadero durante el ciclo del cultivo de papa.....	19
Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de crecimiento, rendimiento, materia seca y gravedad específica en el cultivo de papa.....	20
Cuadro 6. Crecimiento, rendimiento, materia seca y gravedad específica en el factor variedades de papa.....	22
Cuadro 7. Crecimiento, rendimiento, materia seca y gravedad específica en el factor Tutoreo de plantas de papa.....	24
Cuadro 8. Efecto de la interacción variedades por factor de tutoreo sobre la fenología del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>)	25
Cuadro 9. Efecto de la interacción variedades por factor de tutoreo sobre la materia seca y de gravedad específica del tubérculo en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>)	26
Cuadro 10. Efecto de la interacción variedades por factor de tutoreo sobre la materia seca y de gravedad específica del tubérculo en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>)	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Localización del experimento	13

RESUMEN

La papa en México es un cultivo de gran importancia debido a su valor nutrimental y económico. El conocimiento de la fenología y de los parámetros que definen el rendimiento, permite identificar las etapas críticas que puedan afectar la producción de los cultivos. La presente investigación tuvo como propósito evaluar la fenología, rendimiento y sus componentes en cuatro variedades de papa como respuesta al tutoreo del dosel vegetal. Para ello, se evaluaron ocho tratamientos con seis repeticiones establecidos en arreglo factorial 4 x 2 bajo el diseño completamente al azar, en condiciones de invernadero. Se registraron variables de crecimiento como días y grados día a inicio de estoloneo, tuberización y madurez fisiológica y del rendimiento y sus componentes como número, peso total y peso promedio de tubérculos por planta, materia seca aérea, radicular y total, además de la gravedad específica del tubérculo. La variedad Mondial fue la que registró el ciclo biológico más tardío (91 días y 1658.1 grados días) entre todos los genotipos, sin embargo, Fianna de ciclo intermedio fue la que registró el mayor peso de tubérculos por planta (749.39 g). La variedad Fianna con tutoreo fue la que presentó el mayor peso de tubérculos por planta (782.1 g) y el número de tubérculos por planta el componente que más contribuyó al rendimiento. En general, las plantas tutoradas fueron las que presentaron el mayor rendimiento y acumulación de materia seca en las cuatro variedades.

Palabras clave: *Solanum tuberosum* L., variedades, fenología, peso de tubérculos, materia seca.

ABSTRACT

Potato in Mexico is a crop of great importance due to its nutritional and economic value. Knowledge of phenology and yield parameters allows the identification of critical stages that may affect crop production. The purpose of this research was to evaluate phenology, yield and its components in four potato varieties as a response to canopy tutorship. For this purpose, eight treatments with six replications established in a 4 x 2 factorial arrangement under a completely randomized design were evaluated under greenhouse conditions. Growth variables such as days and degree days at the beginning of stolonization, tuberization and physiological maturity were recorded, as well as yield and its components such as number, total weight and average weight of tubers per plant, above, root and total dry matter, and tuber specific gravity. The Mondial variety had the latest biological cycle (91 days and 1658.1 degree days) among all genotypes; however, Fianna with intermediate cycle had the highest tuber weight per plant (749.39 g). The tutored Fianna variety had the highest tuber weight per plant (782.1 g) and the number of tubers per plant was the component that contributed most to yield. In general, the tutored plants had the highest yield and dry matter accumulation in the four varieties.

Key words: *Solanum tuberosum* L., varieties, phenology, tuber weight, biomass

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades más importantes del hombre y su práctica es influenciada ampliamente por las condiciones ambientales. La papa (*Solanum tuberosum L.*), es sin duda un legado para todo el mundo, ya que constituye el cuarto cultivo más importante, superado solamente por el trigo, arroz y el maíz, y por ser una fuente de alimentos y nutrientes para la humanidad (FAO, 2014).

El cultivo de papa es originario de la cordillera andina (América del Sur), especie que evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres del mismo género, lo que dio como resultado una gran diversidad de este recurso fitogenético hasta lo que se conoce hoy en día, período en el que se han desarrollado variedades nativas y mejoradas (Sonnewald y Sonnewald, 2014).

A nivel mundial, el cultivo de papa es de los más importantes al ser un producto de gran dinamismo por sus diferentes formas de consumo en fresco e industrial, y por ser una fuente de derrama económica para los productores, además de fácil acceso para la población. Los principales países productores son China, India, Ucrania, Rusia y Estados Unidos (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020), y reportan mayor rendimiento por hectárea son Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea (FAO, 2018).

A nivel nacional, la producción de papa tiene un rendimiento promedio de 30.5 t·ha⁻¹ y se produce en 22 estados del país, las zonas con las mejores condiciones edafoclimáticas para la producción de papa se localizan sobre el Sistema Volcánico Transversal, donde destacan el Estado de México, Puebla y Veracruz (SIAP, 2019).

La producción de papa en México tiene como destino el 56 % para consumo en fresco, 29 % para uso industrial y solo el 15% para la producción de semilla tubérculo, datos promedio de riego y temporal, y que comprenden los ciclos de primavera - verano y otoño-invierno (CONPAPA, 2022).

El cultivo de papa se desarrolla bajo una serie de etapas fenológicas, entre las de mayor importancia se tienen a la formación de estolones, tuberización o formación y llenado de tubérculos, y madurez fisiológica. Los estolones son crecimientos laterales subterráneos originados de la base del tallo principal, y el número de éstos depende de la variedad (Sifuentes, 2020).

Durante la tuberización ocurre la formación del tubérculo, que es favorecida por fotoperiodos cortos y temperaturas frescas (Hannapel *et al.*, 2004), mientras que, en la madurez fisiológica o senescencia del cultivo, se observan cambios en la coloración del follaje, existen pérdidas de tallos y hojas, y ocurre la máxima acumulación de materia seca y maduración de la piel en el tubérculo (Mier, 2001).

El rendimiento de papa puede definirse como el producto del número de tubérculo por planta y su peso, y puede ser afectado por el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo – ambiente (Morales *et al.*, 2018). La mayor producción se presenta en condiciones de cielo abierto y menor proporción bajo condiciones de agricultura protegida, en particular, para la producción de semilla tubérculo (SIAP, 2019).

El tutoreo en la horticultura es una práctica recurrente que se realiza con el propósito de mejorar la distribución de luz en el dosel vegetal, mayor ventilación, reducir la incidencia de plagas y enfermedades, así como permitir el uso de mayores densidades de población para obtener altos rendimientos y de mayor calidad (Casilimas *et al.*, 2012). Entre las especies que han evidenciado el papel del tutoreo sobre el rendimiento, destacan las solanáceas (Fischer *et al.*, 2012) como son el tomate, tomate de cáscara y el chile. Sin embargo, en el cultivo de papa existen pocos estudios relacionados con el efecto del tutorado en la formación y llenado del tubérculo.

Rubio *et al.* (2000) Indican que, en la producción de papa en altas densidades de población, se puede reducir el rendimiento por planta, debido a una menor intercepción de radiación fotosintéticamente activa por planta, y por el debilitamiento de las plantas por síntomas de etiolación producto de la competencia generada por unidad de superficie, lo que podría reducirse con el uso de reguladores de crecimiento o el tutoreo de las plantas (Flores *et al.*, 2011).

Por lo anterior y con el propósito de generar mayor información sobre el tutoreo en el cultivo de papa, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la relación del tutoreo de las plantas con la fenología, formación y crecimiento del tubérculo de papa en las variedades Fianna, Atlantic, Orchestra y Mundial.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar la fenología, rendimiento y sus componentes del cultivo de papa como respuesta del tutoreo del dosel vegetal.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el tiempo de ocurrencia de las etapas de estoloneo, tuberización y madurez fisiológica en las variedades Fianna, Atlantic, Orchestra y Mundial.
- Determinar el número, peso y peso promedio de tubérculos por planta en las variedades Fianna, Atlantic, Orchestra y Mundial.

III. HIPÓTESIS

- El uso del tutorio en las plantas de papa en las variedades Fianna, Atlantic, Orchestra y Mundial repercute en la ocurrencia de las etapas fenológicas, rendimiento y sus componentes.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen del cultivo

La agricultura es una de las actividades más importantes para el hombre, pues se generan muchos de los productos para su consumo. A lo largo de la historia el hombre ha buscado mejorar la producción agrícola debido al incremento de la población y optimizar el uso de los recursos naturales. Los principales cultivos sembrados mundialmente son el trigo (*Triticum aestivum L.*), seguido del Arroz (*Oryza sativa L.*), el maíz (*Zea Mays L.*) y ocupando el cuarto lugar se encuentra la papa (*Solanum tuberosum L.*) (Sonnewald y Sonnewald, 2014).

La papa es un cultivo muy importante a nivel mundial, se considera a la cordillera de los Andes, en el altiplano andino como su posible centro de origen y se puede encontrar hasta los 4300 msnm. Existen 190 especies de forma silvestre que forman pequeños tubérculos (Van den Berg y Jacobs, 2007).

La selección y mejoramiento de las plantas fue un proceso hecho por el hombre, se cree que las primeras papas cultivadas fueron seleccionadas entre los 6.000 y 10.000 años atrás en las montañas de los Andes región que se encuentra entre Perú y Bolivia, donde sucesivas generaciones de agricultores produjeron una gran cantidad de variantes cultivadas las cuales a través del proceso de selección se ha llegado al cultivo que actualmente conocemos, proceso que continuo en la creación de nuevas variedades, con características específicas para su uso (Spooner *et al.*, 2005).

En la parte central de México se originaron especies silvestres de papa que se caracterizan por su tolerancia a la enfermedad conocida como Tizón tardío, provocada por el hongo *Phytophthora infestans* (Rodríguez, 2010).

4.2. Importancia

4.2.1. Importancia nutrimental

La papa es base de alimentación humana, ya que contiene una gran cantidad de nutrientes como vitamina C, B, B3, B6, ácido fólico, magnesio, manganeso, potasio, hierro, contiene 2 % de fibra, 20 % de almidón y el resto está constituido por agua, es conocido como un alimento energético por ser fuente de carbohidratos y bajo contenido de calorías (SIAP, 2019).

4.2.2. Importancia económica

La papa es un cultivo muy importante para el sector agrícola de todo el mundo, en México debido a las condiciones edafológicas y climáticas, se puede sembrar y producir rendimiento y calidad. Este producto tiene gran consumo pues el 28% se destina a la industria de las frituras, 15% a la producción de semilla tubérculo y el 56 % al mercado fresco, con lo producido se generan empleos directos e indirectos que genera los recursos a las familias que se dedican a este cultivo, los cuales ha buscado con el paso del tiempo la mejora en sus procesos productivos, optimizando recursos y cuidado el medio ambiente, y debido a la importancia del cultivo, se crea la Confederación de Productores de Papa de la República Mexicana (CONPAPA, 2017).

4.2.3. Producción mundial

En la actualidad la producción y consumo de la papa, tiene gran relevancia en diferentes países principalmente en países en desarrollo por ser un producto que tiene diversos usos como el consumo fresco y para el uso en la industria. Es por ello que es un producto de gran valor y se considera un ejemplo de dinamismo comercial de productos no tradicionales en todo el mundo, lo que ha generado un beneficio principalmente para los productores. Los principales productores en el contexto internacional son China, India, Ucrania, Rusia, Estados Unidos, Bangladesh, Alemania, Francia, Polonia y Países bajos (Cuadro 1). En los últimos años la producción estimada aumento en una tasa de crecimiento promedio anual del 1.6% (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020).

Cuadro 1. Principales países productores de papa en el mundo – volumen miles de toneladas, en 2019

Países	Producción de papa en miles de toneladas
China	91,641
India	50,871
Ucrania	26,099
Rusia	23,219
Estados Unidos	20,562
Bangladesh	10,993
Alemania	10,147
Francia	8,149
Polonia	7,179
Países bajos	6,446

Fuente FAOSTAT. 2016. Elaborado por UIC-SSE

4.2.4. Producción nacional

La producción de papa es de gran importancia debido al alto valor nutrimental y el fácil acceso para la población, los principales estados productores a nivel nacional son Sonora y Sinaloa; durante 2017, el volumen de sus cosechas les generó un ingreso en conjunto de 4 mil 685 millones de pesos. Con producciones menores se encuentran, Veracruz y Nuevo León, obtuvieron más de mil millones de pesos cada uno por la comercialización de las cosechas de papa. El estado de Puebla se encuentra entre los cinco principales estados productores, ya que se siembran 8 413 ha, cifra que se ha duplicado desde hace diez años (SIAP, 2019).

En México las zonas con las mejores condiciones edafológicas y climáticas para la producción de papa se localizan sobre el Sistema Volcánico Transversal, donde destacan el Estado de México, Puebla y Veracruz. En 22 estados se siembra una superficie de aproximada 59 mil 733 ha. Existen dos periodos de mayor disponibilidad de la cosecha nacional que son febrero - abril y octubre - noviembre. El principal comprador del tubérculo es Belice aporta más de un millón 446 mil dólares (Flores *et al.*, 2013).

4.3. Fenología

El cultivo de la papa presenta diversas fases o etapas, en cada una de ellas se deben considerar acciones de manejo, tiene varias fases fenológicas que pueden llegar a ser críticas durante su desarrollo, las cuales son la formación de estolones, tuberización o formación de tubérculos y la madurez fisiológica. Para elaborar un modelo de crecimiento en el cultivo de papa, es importante conocer su fenología (Kooman *et al.*, 1996).

4.3.1. Etapa de crecimiento vegetativo

Inicia con el rompimiento de la latencia de la semilla tubérculo y termina con el inicio de la formación de tubérculos. Esta etapa a su vez se divide en crecimiento vegetativo pre-emergente que es el tiempo transcurrido desde la siembra hasta la emergencia que es donde los brotes emergen, cuando son plantados en el campo y tienen las condiciones adecuadas de temperatura y humedad en el suelo, para su desarrollo; y el crecimiento vegetativo post-emergente, es el tiempo transcurrido desde la emergencia, hasta llegar a la disminución del área foliar (INIFAP, 2014).

4.3.2. Etapa de tuberización

En las etapas fenológicas, Sifuentes *et al.* (2015) mencionan que la floración es señal de que la papa comienza a emitir estolones o que inicia la tuberización. En las variedades puede variar la duración de días desde los 30 días hasta los 60 días después de la siembra, dependiendo del tipo de ciclo de cada genotipo. Esta etapa dura aproximadamente unos 30 días. Un déficit de humedad en este periodo puede reducir el número de tubérculos producidos por cada planta pues está altamente relacionado con la producción de raíces y número de estolones. El inicio de estolonización es el proceso de formación de tallos subterráneos que podrán formar un tubérculo.

En esta etapa ocurre el llenado de los tubérculos que se caracteriza especialmente por la acumulación de carbohidratos (en forma de almidón), agua y nutrientes, los tubérculos se convierten en la parte dominante de la deposición de carbohidratos y nutrientes inorgánicos, con un incremento constante en el tamaño y peso de los tubérculos, bajo condiciones óptimas de humedad (Sabba *et al.*, 2007).

4.3.3. Madurez fisiológica

En esta etapa, la fotosíntesis disminuye, el crecimiento del tubérculo también disminuye, la planta toma un color amarillento hasta llegar gradualmente a un color café al madurar donde eventualmente muere, en este punto el tubérculo alcanza su máximo contenido de materia seca y tiene la piel bien formada. Los tubérculos llegan a la madurez fisiológica a los 75 días hasta los 120 días dependiendo del tipo de ciclo de cada variedad. Es el momento en el que los tubérculos pueden cosecharse y almacenarse (Morales- Fernández *et al.*, 2011).

4.4. Rendimiento y sus componentes

El rendimiento se entiende como un proceso fisiológico complejo determinado por el genotipo, el ambiente y la interacción de éstos (Milton y Allen, 1995).

El rendimiento desde el punto de vista fisiológico es el producto de tres distintos procesos. El primero ocurre después de la siembra, en donde los tallos crecen de las yemas de la semilla-tubérculo; el segundo se presenta cuando los tubérculos son formados en los ápices de los estolones, y se desarrollan de las yemas basales del tallo; y en el tercer proceso, los tubérculos entran en el periodo de crecimiento activo hasta que alcanza la máxima acumulación de materia seca. Es decir, el número de tallos por semilla tubérculo, número de tubérculos por tallo y peso promedio de los tubérculos, son los componentes que definen el rendimiento final (Zvomuya y Rosen, 2002).

Morales-Fernández *et al.*, (2011), indican que, en la producción de papa en condiciones de invernadero, el número y peso promedio de tubérculos por planta, son los componentes que más contribuyen al rendimiento.

4.5. Gravedad específica

La gravedad específica (GE) es considerada como un parámetro de calidad en la papa para su uso industrial, ya que se busca una combinación de rendimiento y factores de calidad como el alto contenido de Gravedad específica y bajo contenido de azúcares pues con estos parámetros se garantizan que el tubérculo tenga un rendimiento en la fritura, un buen color y textura del producto, además que tenga muy poca absorción de aceite, Para la industria de la

chips es necesario un contenido de gravedad específica superiores a 1.090 estos valores corresponden a un contenido de sólidos de más o menos 18% (Contreras, 2017).

La gravedad específica (GE) y el contenido de materia seca (MS) están altamente correlacionados es decir a mayor contenido de MS de los tubérculos existe un mayor valor de GE, y estos valores dependerán de la variedad, la zona productora, el manejo agronómico durante el ciclo del cultivo, el manejo postcosecha como lo es condiciones de almacenamiento (Palacios *et al.*, 2008)

El Centro Internacional de la Papa (2010) define la GE como la relación entre el peso de una sustancia y el peso de la misma sumergida a 15.6°C. Se considera un contenido de gravedad aceptable a partir 1.08 o mayor. Para obtener el contenido de gravedad específica se obtiene con la siguiente fórmula (1):

$$GE = \frac{\text{peso en aire}}{\text{peso en aire} - \text{peso en agua}}$$

Actualmente existen estudios en diferentes variedades de papa en los que se ha evaluado la gravedad específica en el tubérculo como parámetro de calidad de la papa para la industria de los chips. Palacios *et al.* (2008) reportan valores de gravedad específica en el rango de 1.09 a 1.11. Asimismo, Contreras (2017), reporta valores de gravedad específica valores de 1.08 a 1.10 en diferentes variedades de papa.

4.6. ¿Qué es el tutorado?

El tutorado de las plantas es quizá una de las labores más imprescindibles en diversos cultivos principalmente en hortalizas y en algunos frutales es una práctica utilizada para garantizar un adecuado crecimiento y desarrollo. El tutorado consiste en emplear algún material que permita sostener y mantener erguida la parte aérea de las plantas a lo largo del ciclo para evitar el contacto con el suelo, permitiendo una mayor sanidad y consecuentemente mayor calidad en el producto cosechado. Con el tutorado se aprovecha mejor el espacio disponible y se consigue mejor iluminación y ventilación; además de facilitar las labores de poda, aplicación de productos fitosanitarios, estimulantes o nutricionales, así como la cosecha (Camacho, 2015).

4.6.1. Cuál es la función del tutorado

El tutorado, tiene como función guiar a la planta verticalmente y esto se realiza a través de un amarre al tallo principal de la planta y se pueden utilizar diferentes materiales como estacas, rafia agrícola, abrazaderas plásticas, entre otros materiales. El tipo de tutorado que se debe usar, está en función de la densidad de siembra, la topografía del terreno, los manejos agronómicos para cada especie como la fertilidad (Fischer y Miranda, 2012). Sin en el apoyo del tutor, la planta puede crecer de manera desproporcional y esta al estar contacto directo con el suelo, puede afectar la sanidad y el rendimiento (Muñiz *et al.*, 2014).

4.6.2. Tutorado en diversos cultivos

Entre los principales cultivos que utilizan la práctica de tutorado son el jitomate (*Solanum lycopersicum l.*) Arveja (*Pisum sativum L.*), el pepino (*Cucumis sativus L.*) el chile (*Capsicum annum L.*), entre muchos otros. El tutorado tiene como objetivo dirigir el crecimiento de la planta y evitar daños a los frutos y follaje cuando la planta alcanza sus primeros 0.20 a 0.25 m. (SIAP, 2017).

El tutoreo en diversas condiciones tiene un efecto en las plantas, principalmente en mejorar la disposición de las hojas para aprovechar la energía lumínica y una mayor ventilación (lo cual promueve una menor incidencia de plagas y enfermedades), se facilita la cosecha y permite el uso de mayores densidades de población para obtener mejores rendimientos de frutos y con mayor calidad (Casilimas *et al.*, 2012).

En ambiente protegido la sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) fijado de un extremo de la zona basal de la planta (liado, anudado o con anillos) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima del dosel vegetal (Mercado, 2007).

4.7. Tutorado en papa

Entre las especies que han evidenciado el papel del tutoreo sobre el rendimiento, destacan las solanáceas (Fischer *et al.*, 2012) como son el tomate, tomate de cáscara y el chile. Sin embargo, en el cultivo de papa existen pocos estudios relacionados con el efecto del tutoreo en la formación y llenado del tubérculo. Rubio *et al.* (2000) Indican que, en la producción de papa en altas densidades de población, se puede reducir el rendimiento por planta, debido a una menor intercepción de radiación fotosintéticamente activa por planta, y por el

debilitamiento de las plantas por síntomas de etiolación producto de la competencia generada por unidad de superficie, lo que podría reducirse con el uso de reguladores de crecimiento o el tutoreo de las plantas (Flores *et al.*, 2011).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización de área de estudio

El experimento se desarrolló bajo condiciones de invernadero en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la BUAP (Figura 1), localizada en la región nororiental del estado de Puebla en la junta auxiliar de San Juan Acateno perteneciente al municipio de Teziutlán Puebla, la cual se encuentra ubicada dentro de las coordenadas geográficas 19 ° 52' 31'' de latitud Norte y 97 ° 22' 02'' de longitud Oeste, a 1600 msnm. El clima es templado con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 15 ° C y una precipitación anual de 1500 a 3600 mm (INEGI, 2005).

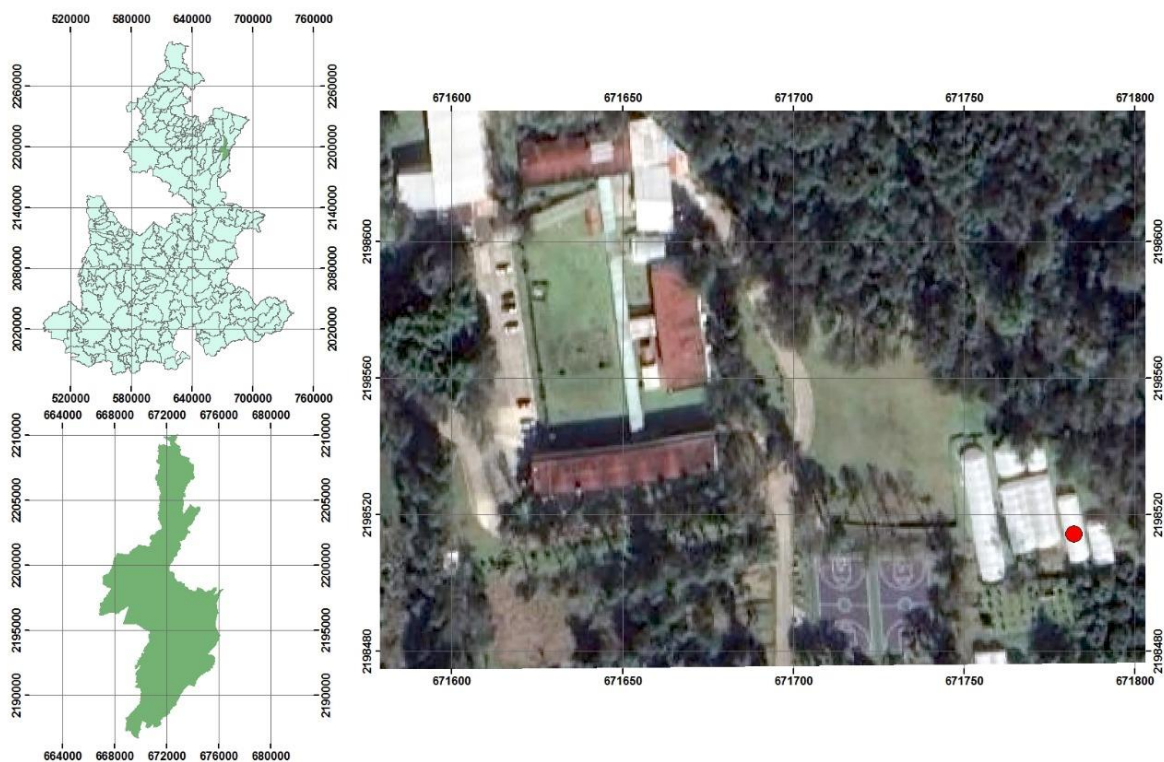


Figura 1. Localización del sitio de estudio

5.2. Material vegetal

El material vegetal que se utilizó fue semilla tubérculo de papa de las variedades Atlantic, Fianna, Orchestra y Mondial, las cuales tenían características similares en edad fisiológica, ya que se encontraban en brotación múltiple con dos brotes de 3 cm de longitud y con un peso promedio de 150 g por tubérculo. En el cuadro 3 se describen sus principales características.

Cuadro 2. Principales características de las variedades de papa utilizadas en la investigación

Variedad	Características de la planta	Características del tubérculo
Atlantic	Atlantic es de tamaño mediano, erecta con hojas y de crecimiento lento. Tiene un rendimiento potencial alta, gravedad específica alta Madurez media	Tubérculos redondeados, piel casposa, carne blanca Destinadas principalmente a la industria.
Fianna	Maduración tardía. Follaje de medio a alto. Flor de color blanca y brote azul. Alta en materia seca	Los tubérculos son ovalados y alargados, calibre grande a muy grande, piel amarilla, carne amarilla clara. Mercado en fresco y chips
Mondial	Emerge lentamente, planta robusta. Altos rendimientos Alto contenido de materia seca	Tubérculos blancos, alargados, con cascara brillante y pulpa color crema. Está destinada al mercado en fresco
Orchestra	Es una variedad robusta temprana Tiene un rendimiento neto alto, en materia seca tiene un 17.8 %. El tiempo de maduración es semi-temprano.	Tubérculos forma redondo-ovalado, color de piel y de carne es amarillo claro. Destinado para el mercado de mesa.

Fuente: INIFAP, 2014.

5.3. Establecimiento del experimento

Se colocó una semilla tubérculo en cada bolsa de polietileno color negro calibre 600 (40 x 40 cm), llenas con sustrato compuesto por la mezcla de turba, perlita y tierra de monte en relación 1:1:1 (v/v/v). Las bolsas se colocaron a una separación de 80 y 30 cm entre hileras y planta, respectivamente. La fórmula de fertilización aplicada fue de 150-150-200 de N, P y K. Desde la siembra, el riego se aplicó de manera manual, a capacidad de contenedor y periódicamente de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo en cada etapa fenológica.

5.4. Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. La unidad experimental consistió en un tubérculo colocado en bolsa de polietileno color negro de 40 x 40 cm. Los tratamientos utilizados fueron obtenidos mediante arreglo factorial, teniendo como factores a las variedades y el tutorado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el experimento

Tratamientos	Variedad	Tutorado
1	Fianna	Con tutorado
2	Fianna	Sin tutorado
3	Atlantic	Con tutorado
4	Atlantic	Sin tutorado
5	Orchestra	Con tutorado
6	Orchestra	Sin tutorado
7	Mondial	Con tutorado
8	Mondial	Sin tutorado

5.5. Variables evaluadas

Se determinó con el método residual clásico el número de grados día (GD) acumulados hasta el inicio de cada etapa fenológica del cultivo, y consistió en sumar la diferencia de la

temperatura media diaria y la temperatura base de la papa que es de 6 ° C (Cao y Tibbits, 1995) a partir de la emergencia la cual se determinó cuando el 50 % de las plantas de las plantas de la unidad experimental habían emergido de cada tratamiento, para el cual se determinaron durante todo el ciclo del cultivo las temperaturas máximas y mínimas del aire (°C), mediante un termómetro digital marca Steren® modelo TER-150. El número de grados día se determinó mediante la siguiente fórmula (2):

$$GD = \frac{(T_{max}-T_{min})}{2} - T_{base}$$

Donde:

GD = Grados día

T_{max} = Temperatura máxima diaria (°C)

T_{min} = Temperatura mínima diaria (°C)

T_{base} = Temperatura base del cultivo

Los grados día obtenidos en cada etapa fenológica fueron sumados para obtener el total acumulado.

5.5.1. Variables evaluadas en invernadero

- **Número de días y grados día (GDE) a inicio de estoloneo**

Esta etapa se consideró como el instante en que aparece el estolón en las plantas se identifica como los tallos laterales que crecen horizontalmente en el tallo principal por debajo del suelo es decir a partir de las yemas de la parte subterránea de los tallos. Para determinar el número de días se registró el día de la emergencia de cada genotipo, y mediante el monitoreo se determinó el inicio de estoloneo.

Para determinar los grados día a inicio de estoloneo se aplicó la fórmula, desde la emergencia hasta la observación del primer estolón.

- **Número de días y grados día (GDT) a inicio de tuberización**

Se refirió como el momento en el que ocurrió el engrosamiento del ápice del estolón, y se determinó cuando se observó que los estolones subterráneos inducidos detienen su alargamiento, comienzan a ensancharse.

Para determinar los números de días se registró el día en que se observó cuando ocurrió el inicio de tuberización.

Para determinar los grados día, se aplicó la fórmula de GD en la cual se registraron las temperaturas diarias desde la emergencia hasta el momento del inicio de tuberización, las cuales mediante una sumatoria se determinaron los grados días acumulados para esta etapa fenológica.

- **Número de días y grado día (GDMF) a madurez fisiológica del tubérculo**

Considerada como el momento en que sucedió la máxima acumulación de la materia seca en el tubérculo y que puede identificarse visualmente por la pérdida del color verde del follaje o senescencia de estas.

Para determinar el número de días para la etapa de madurez fisiológica se contabilizó desde el día de la emergencia el número de días transcurridos hasta la senescencia de la planta.

Para determinar los grados día se aplicó la fórmula de GD del método clásico residual y se realizó una sumatoria desde los grados acumulados de la emergencia hasta la senescencia de las plantas

5.5.2. Variables evaluadas en laboratorio

- **Numero de tubérculos por planta (NTP)**

Se determinó en el momento en que las plantas alcanzaron la etapa de madurez fisiológica identificada como la pérdida de color verde del follaje o senescencia que es cuando las plantas pierden su turgencia y se secan los tallos y hojas. En este momento se cosecharon los tubérculos y se contabilizaron por planta.

- **Peso de tubérculos por planta (PTP, g)**

Se determinó en cada planta y consideró el peso total de tubérculos por planta mediante una balanza digital.

- **Peso promedio de tubérculos por planta (PPTP, g)**

Se obtuvo al dividir el peso de tubérculos por planta entre el número de tubérculos por planta.

- **Materia seca aérea (MSA, g)**

Se determinó durante la madurez fisiológica e incluyó hojas y tallos, las cuales se colocaron en bolsas de papel y se llevaron a una estufa de secado marca Blue M modelo POM-326F,

donde estuvieron 72 h a 75 °C, hasta peso constante es decir se pesaron las muestras hasta fuera el mismo y no cambiara.

- **Materia seca radicular (MSR, g)**

Esta incluyó a la raíz y parte del estolón, y se colocaron en bolsas de papel siguiendo el mismo proceso de la MSA.

- **Materia seca total (MST, g)**

Se consideró como la suma de la biomasa de parte aérea y subterránea.

- **Diámetro polar (mm)**

Se consideró como la distancia que existe desde la parte basal y hasta la apical de los tubérculos presentes en cada planta, medida con un vernier digital

- **Diámetro ecuatorial (mm)**

Se consideró como la longitud medida en la parte media del tubérculo, entre la parte basal y apical de los tubérculos presentes en cada planta, mediante un vernier digital.

- **Gravedad específica (GE)**

Se determinó ocho días después de la cosecha en el tubérculo de mayor tamaño por planta (150-200 g), mediante la siguiente ecuación formula (1):

$$GE = \frac{\textit{peso en aire}}{\textit{peso en aire} - \textit{peso en agua}}$$

La ecuación de la gravedad específica (GE) considera la relación entre el peso tubérculos en aire y el peso de los mismos sumergidos en agua a 15.6 °C (CIP, 2010).

5.6. Análisis estadístico

La información generada en las diferentes variables fue sometida a pruebas de análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), mediante el paquete Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0 (SAS, 2004).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Temperatura

La temperatura del aire registrada en el interior del invernadero varió a lo largo del ciclo de desarrollo del cultivo de papa (Cuadro 4). La temperatura máxima fluctuó entre los 31 y 39 °C, mientras que la mínima fue de 11 a 16 °C. En general, la temperatura promedio fue de 22 °C, valor cercano al rango reportado para el crecimiento óptimo de papa que es de 20 °C (Morales-Fernández *et al.*, 2011), ya que la temperatura por arriba de 30 °C puede inhibir el desarrollo del tubérculo (Ministerio de Agricultura, 2020).

Cuadro 4. Temperaturas del aire semanal registradas en condiciones de invernadero durante el ciclo del cultivo de papa

Mes	Semana	Temperaturas (° C)		
		Máxima	Mínima	Media
Abril	1	36.7	15.7	21.9
	2	39.8	16.4	22.1
	3	37.4	13.9	19.6
	4	34.5	12.8	23.0
mayo	1	38.8	13.9	26.3
	2	35.0	11.3	23.1
	3	38.7	13.5	20.1
	4	34.0	13.4	17.7
Junio	1	33.9	12.4	23.2
	2	31.4	13.0	22.2
	3	27.4	12.3	19.8
	4	31.7	12.8	22.2
Julio	1	31.0	12.7	21.9
	2	31.0	12.8	21.9
	3	33.1	12.6	22.9
	4	32.7	12.7	22.7

6.2. Análisis de varianza del crecimiento, rendimiento, materia seca y gravedad específica del cultivo de papa

El análisis de varianza detectó con excepción de las variables diámetro polar (DP) y gravedad específica (GE) del tubérculo para el factor variedades, número de tubérculos por planta (NTP), peso promedio de tubérculos por planta (PPT), diámetro polar del tubérculo (DP), diámetro ecuatorial (DE), materia seca radicular (MSR) y gravedad específica del tubérculo (GE) para el factor tutoreo, y NTP, DE, materia seca aérea (MSA), materia seca total (MST) y GE para la interacción variedades por tutoreo, efectos significativos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadros medios del análisis de varianza para las variables de crecimiento, rendimiento, materia seca y gravedad específica en el cultivo de papa

Variables	Fuentes de variación				
	Variedad (V)	Tutoreo (T)	V*T	Error	C.V. (%)
DES	25.4**	3.3**	2.5**	0.024	1.3
GDES	6252.5**	507.7**	1217.5**	10.200	1.3
DAT	45.3**	0.5**	2.1**	0.044	0.9
GDAT	17477.5**	51.2*	1088.4**	8.290	0.6
DMF	243.4**	5.8**	22.4**	0.024	0.1
GDMF	83486.3**	1222.8**	1307.2**	16.180	0.2
PTP (g)	26924.1**	48684.1**	28678.9**	4279.490	9.7
NTP	93.8**	0.1 ^{ns}	5.5 ^{ns}	6.650	26.5
PPT (g)	9048.7**	329.8 ^{ns}	823.52*	241.920	17.8
DP (mm)	36.5 ^{ns}	24.8 ^{ns}	117.8*	33.150	8.6
DE (mm)	752.2**	14.3 ^{ns}	13.9 ^{ns}	12.170	7.5
MSA (g)	386.6**	112.6**	22.2 ^{ns}	5.280	6.3
MSR (g)	96.7**	9.3 ^{ns}	17.6**	1.680	15.2
MST (g)	841.1**	57.2*	25.7 ^{ns}	6.520	5.6
GE	0.1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.001	3.0

^{ns}, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente. C.V.: Coeficiente de variación.

DES y GDES: días y grados día a inicio de estoloneo; DAT y GDAT: días y grados día a inicio de tuberización; DMF y GDMF: días y grados día a madurez fisiológica del tubérculo; PTP: peso de tubérculos por planta; NTP: número de tubérculos por planta; PPT: peso promedio de tubérculos por planta; DP: diámetro polar del tubérculo; DE: diámetro ecuatorial del tubérculo; MSA: materia seca aérea; MSR: materia seca radicular; MST: materia seca total; GE: gravedad específica del tubérculo.

Estos resultados indican que la respuesta que mostraron las variedades en los caracteres estudiados fue diferencial debido al efecto del tutorio de las plantas, situación que puede ser más evidente cuando interaccionan con la temperatura, humedad, y nutrición (Jiménez-Terry *et al.*, 2010).

6.3. Comparación de medias de los factores principales

6.3.1. Variedades

La fenología, rendimiento y materia seca en las cuatro variedades de papa, mostraron comportamientos diferenciales (Cuadro 6). Orchestra y Mondial tuvieron el ciclo biológico más tardío ($P \leq 0.05$) que las variedades Fianna y Atlantic, ya que en promedio requirieron ocho días (DMF) y 155 grados día (GDMF) más para alcanzar la madurez fisiológica del tubérculo. Estos resultados muestran la variabilidad que pueden exhibir los genotipos en el crecimiento, resultado del efecto de variedades y la interacción con el ambiente (Scapim *et al.*, 2000).

El rendimiento (peso de tubérculos por planta, PTP) fue 9.4, 14.0 y 18.9 % mayor en la variedad Fianna que en Mondial, Orchestra y Atlantic, condición que fue atribuida a un mayor número de tubérculos por planta (NTP), lo que concuerda con lo reportado por Morales-Fernández *et al.* (2011) al indicar que el NTP es uno de los componentes que definen el rendimiento en el cultivo de papa.

El diámetro polar del tubérculo (DP) fue similar en las cuatro variedades, sin embargo, el ecuatorial (DE) fue superior en la variedad Atlantic con respecto a las variedades Orchestra, Mondial y Fianna, ya que en promedio las superó en 20 mm. Estos resultados pueden ser debido a la genética de los materiales, ya que según Escallón *et al.* (2005), cada genotipo puede presentar características morfológicas particulares, como ocurrió en la presente investigación.

La materia seca aérea (MSA) fue 20.4 % mayor en la variedad Mondial con respecto a las variedades Atlantic y Fianna, y 53.2 % respecto a Orchestra. Un comportamiento similar se observó en la materia seca radicular (MSR), ya que Mondial tuvo 76.0, 54.9 y 46.9 % mayor contenido de MSR que Orchestra, Fianna y Atlantic, lo que también se reflejó en el contenido de materia seca total (MST). Al respecto, Seminario *et al.* (2017) indican que el contenido

de materia seca puede estar influenciado por la duración del ciclo de cultivo, ya que materiales tardíos tienden a producir mayor contenido de biomasa en comparación con los precoces, lo que concuerda con lo obtenido en la presente investigación, ya que Mondial fue el genotipo más tardío y el que registró el mayor contenido de biomasa.

Cuadro 6. Crecimiento, rendimiento, materia seca y gravedad específica en el factor variedades de papa

Variables	Variedades				DMSH
	Atlantic	Fianna	Mondial	Orchestra	
DES	13.22a	12.45b	9.60c	12.50b	0.18
GDES	234.90b	219.90c	203.56d	259.50a	3.78
DAT	22.10c	23.00b	19.60d	24.50a	0.24
GDAT	412.15c	429.92b	365.20d	461.60a	3.41
DMF	85.90c	84.60d	91.80b	94.50a	0.18
GDMF	1486.31c	1475.52d	1645.38a	1624.70b	4.76
PTP (g)	606.55b	749.39a	678.40ab	644.33b	94.88
NTP	3.66b	11.57a	11.62a	10.75a	3.80
PPT (g)	146.80a	73.12b	66.57b	75.77b	22.93
DP (mm)	69.63a	66.66a	65.17a	65.13a	7.67
DE (mm)	61.30a	39.72b	40.44c	45.71c	4.67
MSA (g)	36.32b	39.73b	46.95a	23.35c	5.60
MSR (g)	6.90b	8.13b	15.32a	3.67c	3.16
MST (g)	47.86b	43.22b	62.27a	27.02c	6.22
GE	1.06a	1.09a	1.06a	1.08a	0.05

Valores con la misma letra dentro de las filas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

DES y GDES: días y grados día a inicio de estoloneo; DAT y GDAT: días y grados día a inicio de tuberización; DMF y GDMF: días y grados día a madurez fisiológica del tubérculo; PTP: peso de tubérculos por planta; NTP: número de tubérculos por planta; PPT: peso promedio de tubérculos por planta; DP: diámetro polar del tubérculo; Diámetro ecuatorial del tubérculo; MSA: materia seca aérea; MSR: materia seca radicular; MST: materia seca total; GE: gravedad específica del tubérculo.

La gravedad específica del tubérculo (GE) fluctuó entre 1.06 a 1.09 en las cuatro variedades. En promedio, se tuvo un valor de 1.07, el cual se considera como de buena calidad en los tubérculos de papa (Mejía-España *et al.*, 2021), criterio de importancia que define el destino y uso de la producción. Estos resultados de GE en las cuatro variedades son similares a los reportados por Contreras *et al.* (2017) al evaluar diferentes genotipos de papa, ya que los valores que reportó en su investigación fueron de 1.06 hasta 1.11.

6.3.2. Tutorio

El uso del tutorio es una práctica recurrente que favorece el crecimiento y rendimiento de las plantas (Guadalu-Lcazar *et al.*, 2017). En la presente investigación, no se observaron diferencias significativas en la fenología entre las plantas de papa tutoradas y no tutoradas (Cuadro 7.), lo que indica que el crecimiento del cultivo no es afectado cuando se dejan de tutorar las plantas, a diferencia de lo que ocurre en otras especies hortícolas, donde el crecimiento y desarrollo puede ser afectado (Camacho *et al.*, 2015). En general las plantas de papa alcanzaron la madurez fisiológica a los 89 DMF y 1560 GDMF.

El PTP fue 10.35 % mayor en las plantas de papa tutoradas que en las no tutoradas, condición que puede ser atribuida a un mayor peso promedio de tubérculos por planta (PPT) y acumulación de MST, resultados que concuerdan con lo reportado por Morales-Fernández *et al.* (2015) al indicar que el PPT y MST fueron los caracteres que mayor aportación tuvieron en el rendimiento de papa. Asimismo, se observó que las plantas tutoradas fueron las de mayor rendimiento, lo que pudo ser debido a la mayor acumulación de biomasa, como consecuencia de una mejor intercepción de luz (Rubio *et al.*, 2000), lo que favoreció el crecimiento y rendimiento del cultivo (Igarza *et al.*, 2012).

La GE fue similar ($P \leq 0.05$) entre plantas tutoradas y no tutoradas (1.06-1.08), lo que indica que ambos tratamientos produjeron tubérculos de buena calidad y que se pueden relacionar con un valor alto de sólidos totales, carácter importante para la industria del freído (Mejía-España *et al.*, 2021).

Cuadro 7. Crecimiento, rendimiento, materia seca y gravedad específica en el factor Tutoreo de plantas de papa

VARIABLES	Plantas tutoreadas	Plantas no tutoreadas	DMSH
DES	12.17a	11.68b	0.09
GDES	226.76b	235.11a	2.01
DAT	22.17a	22.73a	1.11
GDAT	415.67a	424.69a	10.11
DMF	89.74a	89.05a	1.12
GDMF	1556.72b	1565.95a	10.11
PTP (g)	706.85a	633.76b	49.65
NTP	9.20a	10.28a	1.99
PPT (g)	94.94a	79.09b	12.02
DP (mm)	65.97a	67.41a	4.08
DE (mm)	46.60a	45.10a	2.47
MSA (g)	39.04a	34.05b	2.81
MSR (g)	7.72b	9.23a	1.58
MST (g)	46.77a	43.28b	3.12
GE	1.06a	1.08a	0.03

Valores con la misma letra dentro de las filas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

DES y GDES: días y grados día a inicio de estoloneo; DAT y GDAT: días y grados día a inicio de tuberización; DMF y GDMF: días y grados día a madurez fisiológica del tubérculo; PTP: peso de tubérculos por planta; NTP: número de tubérculos por planta; PPT: peso promedio de tubérculos por planta; DP: diámetro polar; Diámetro ecuatorial; MSA: materia seca aérea; MSR: materia seca radicular; MST: materia seca total; GE: gravedad específica del tubérculo.

6.4. Interacción variedades por tutoreo

6.4.1. Crecimiento

El análisis conjunto de la interacción variedades por tutoreo, indicó que la variedad Mondial con plantas no tutoreadas (PNT) fue el tratamiento que tuvo el ciclo biológico más tardío ($P \leq 0.05$), ya que requirió 203 grados día más para alcanzar la madurez fisiológica del tubérculo con respecto a la variedad Fianna con plantas tutoreadas (PT). En general, la

variedad Atlantic no mostró variación significativa en la duración del ciclo de cultivo al pasar de una condición de tutoreo a la otra (Cuadro 9), lo que muestra la estabilidad que presentan algunos genotipos de papa al ser evaluados en diferentes condiciones ambientales (Morales-Fernández *et al.*, 2011), y que en regiones donde la estación de crecimiento es limitada, esta variedad puede ser una alternativa. El hecho de que las plantas de la variedad Mondial al no haber sido tutoreadas y que hayan presentado el ciclo más tardío, pudo ser debido a una menor intercepción de radiación fotosintéticamente activa, además del número de plantas por unidad de superficie (Rubio *et al.*, 2000), resultados que sugieren un mejor manejo en la densidad de población en el caso de no tutorear las plantas (Flores *et al.*, 2011).

Cuadro 8. Efecto de la interacción variedades por factor de tutoreo sobre la fenología del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Variedades	Tutoreo	DES	GDES	DAT	GDAT	DMF	GDMF
Atlantic	PT	12.8c	227.0c	21.8d	408.2e	84.8d	1488.0ed
Atlantic	NTP	14.0a	250.7b	22.6c	420.0d	86.0d	1482.9e
Fianna	PT	13.0b	231.8c	23.0c	432.0c	83.0e	1455.4f
Fianna	PNT	12.0c	210.0d	23.0c	428.2c	86.0d	1492.3d
Mondial	PT	10.0d	201.4e	20.0e	375.0f	93.0b	1636.9b
Mondial	PNT	9.0e	206.8ed	19.0f	350.5g	90.0c	1658.1a
Orchestra	PT	13.0b	247.7b	24.0b	450.2b	96.0a	1629.7b
Orchestra	PNT	12.0c	271.3a	25.0a	473.0a	93.0b	1619.7c
DMSH		0.3	6.5	0.4	5.9	0.3	8.2

Valores con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

DES y GDES: días y grados día a inicio de estoloneo; DAT y GDAT: días y grados día a inicio de tuberización; DMF y GDMF: días y grados día a madurez fisiológica del tubérculo; PT: plantas tutoreadas; PNT: plantas no tutoreadas.

6.4.2. Rendimiento y sus componentes

El efecto conjunto de variedades por tutoreo, afectó de manera significativa el rendimiento y sus componentes en el cultivo de papa (Cuadro 9). Las variedades Fianna y Orchestra con plantas tutoreadas fueron las que presentaron el mayor PTP, ya que, en promedio, superaron en 30.82 % a Orchestra con plantas no tutoreadas, y fue el NTP el componente que más

contribuyó al rendimiento. Resultados que concuerdan con lo reportado por Haverkort *et al.* (1990) y Zvomuya y Rosen (2002), al indicar que este carácter fue el que mayor aporte tuvo con el rendimiento final. La variedad Atlantic con excepción del PTP, no mostró variación significativa en el NTP, PPT, DP y DE al pasar de una condición de tutoreo a la otra, lo que indicó haber sido el genotipo más estable para esos caracteres, y que muestra la estabilidad que algunos genotipos exhiben al evaluarse en los diferentes ambientes (Morales-Fernández *et al.*, 2018). En la presente investigación se observó que las plantas tutoreadas fueron las que mostraron el mayor rendimiento, lo que indica las ventajas que esta práctica les proporciona a los cultivos como son mejor intercepción de radiación fotosintéticamente activa, una mayor densidad de población (Rubio *et al.*, 2000) y en general un mejor manejo agronómico (Fischer y Miranda, 2012), lo que se refleja en una mejor calidad y rendimiento.

Cuadro 9. Efecto de la interacción variedades por factor de tutoreo sobre el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Variedades	Tutoreso	PTP (g)	NTP	PPT (g)	DP (mm)	DE (mm)
Atlantic	PT	599.3bc	3.5c	155.8a	72.1a	61.6a
Atlantic	PNT	621.0abc	4.0bc	128.6a	65.4a	60.5a
Fianna	PT	782.1a	13.0a	58.9b	61.6a	38.1c
Fianna	PNT	716.6ab	10.5ba	83.8b	72.9a	41.0bc
Mondial	PT	669.9abc	11.2a	72.9b	65.8a	40.9bc
Mondial	PNT	689.7abc	12.0a	60.2b	64.5a	39.7bc
Orchestra	PT	776.0a	10.0abc	83.1b	64.2a	44.0bc
Orchestra	PNT	539.0c	11.5a	69.5b	66.2a	47.8b
DMSH		165.0	6.6	39.8	13.1	8.2

Valores con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

PTP: peso de tubérculos por planta; NTP: número de tubérculos por planta; PPT: peso promedio de tubérculos por planta; DP: diámetro polar; Diámetro ecuatorial

6.4.3. Materia seca y gravedad específica

La interacción entre variedades y tutoreo sobre el contenido de materia seca en las plantas, indicó que la variedad Mondial fue la que presentó los mayores valores de MST ($P \leq 0.05$), independientemente del efecto de tutoreo de las plantas (Cuadro 10), ya que esta variedad tuvo en promedio 56.63 % mayor biomasa que Orchestra, lo que fue atribuido a un mayor contenido de MSA. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Morales-Fernández *et al.* (2018), al indicar que la biomasa de la parte aérea fue el carácter que más contribuyó a la biomasa total en diferentes genotipos de papa.

Cuadro 10. Efecto de la interacción variedades por factor de tutoreo sobre la materia seca y de gravedad específica del tubérculo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Variedades	Tutoreo	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	GE
Atlantic	PT	38.1bc	7.5bc	45.7bc	1.03a
Atlantic	PNT	34.5c	6.2bc	40.7c	1.10a
Fianna	PT	47.7ab	8.7bc	56.4ba	1.09a
Fianna	PNT	35.7c	7.8bc	43.6c	1.09a
Mondial	PT	51.1a	11.4b	62.6a	1.08a
Mondial	PNT	42.7ab	19.2a	61.9a	1.05a
Orchestra	PT	23.5d	3.7c	27.2d	1.08a
Orchestra	PNT	23.2d	3.6c	26.8d	1.07a
DMSH		10.0	5.6	11.1	0.11

Valores con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

MSA: materia seca aérea; MSR: materia seca radicular; MST: materia seca total; GE: gravedad específica del tubérculo.

En general, en el presente trabajo se observó que las PT fueron las que mostraron un mayor contenido de MST. Lo que indica que el tutoreo en los genotipos de papa puede afectar la acumulación de biomasa de forma diferencial a lo largo del ciclo del cultivo, sobre todo la

MSA, que está relacionada con la cantidad neta de fotosintatos a través del tiempo (Barranza, 2011), y cuyo efecto puede ser observado en el crecimiento y rendimiento del cultivo (Soldevilla-Canales *et al.*, 2002).

El efecto conjunto de variedades con el tutoreo, no afectó de manera significativa la gravedad específica en los tubérculos de papa, ya que en general los valores fluctuaron entre 1.03-1.10, valores que se encuentran dentro de los rangos reportados por Contreras *et al.* (2017), lo que los ubica como de buena calidad, y que pueden correlacionarse con un contenido aceptable de materia seca y agua ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), por tanto, un bajo contenido de agua, sugiere valores altos de GE (Martínez, 2009).

VII. CONCLUSIONES

La mayor duración en el ciclo biológico de la variedad Mondial, no repercutió en un mayor peso de tubérculos por planta, ya que Fianna fue la más sobresaliente.

Las plantas de papa tutoradas fueron las que presentaron el mayor peso de tubérculos por planta, y fue el peso promedio de tubérculos por planta y la materia seca total, los componentes que más contribuyeron al rendimiento.

La variedad Fianna con tutorado presentó el mayor peso de tubérculos por planta y fue el número de tubérculos por planta el componente que más contribuyó al rendimiento.

En general, los tubérculos de papa presentaron alta gravedad específica, lo que los ubica como de buena calidad para consumo en fresco.

VIII. LITERATURA CITADA

- Barranza V. F. A. 2011. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. Revista Temas agrarios 17(2): 18-29 p.
- Camacho F. F. 2015. El Cultivo del Pimiento. Sesión del 5° Diplomado Internacional en Horticultura Protegida. Intagri-UAL. Guanajuato. México.
- Cao W. and Tibbits T.W. 1995. Leaf emergence on potato stems in relation to thermal time. Agron. J. 87: 474-477p.
- Casilimas H., Monsalve O., Bojacá C. R., Gil R., Villagrán E., Arias L. A. y Fuentes L. S. 2012. Manual de Producción de Pepino bajo Invernadero. Tesis de licenciatura Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia. 208 pp.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 2010. Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales. 153p.
- CONPAPA (Consejo Nacional de la Papa). 2017. Monografía del cultivo de la papa de los años 2013- 2017. Sistema producto de la papa. México.
- CONPAPA (Consejo Nacional de la Papa). 2022. Papa fresca mexicana. Disponible en <https://www.conpapa.org.mx/>. Consultado 08/2022.
- Contreras M. 2017. Determinación de la relación entre el contenido de almidón y materia seca con la gravedad específica de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum*). Tesis pregrado, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú. 80p.
- Escallón R., Ramírez M., Ñustez C.E. 2005. Evaluación del potencial de rendimiento y de la resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont. De Bary) en la colección de papas redondas amarillas de la especie *Solanum phureja* (Juz. et Buk). Agronomía Colombiana 23: 35-41p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2014. Anuario estadístico de la FAO. La Alimentación y la Agricultura en América Latina y el Caribe. 178 p. Disponible en línea: <http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf>. Consultado 08/2022.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2018. Anuario estadístico de la FAO. Año Internacional de la Papa. Disponible en línea: <http://www.potato2008.org/es/index.html>. Consultado 08/2022.

- FAOSTAT (Food. Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division.). 2016. Economic and Social Development Department, Rome, Italy. Disponible en línea: <http://faostat3.fao>. Consultado 08/2022.
- Fischer G. y Miranda D. 2012. Uchuva (*P. peruviana* L.). En: Fischer, G. (eds). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Produmedios. Bogotá D.C. p.851-873.
- Fischer G., Almanza-Merchán P. J. y Ramírez, F. 2012. Source-sink relationships in fruit species: A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 238-253.
- Flores L. R., Sánchez del Castillo F., Rodríguez P. J. R., Colinas L. M. T., Mora A. R. y Lozoya S. H. 2011. Densidad de población en cultivo hidropónico para la producción de tubérculo-semilla de Papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Chapingo. Serie horticultura* 15(3):251-258.
- Flores-Magdaleno H., Flores-Gallardo H. y Ojeda-Bustamante W. 2013. Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico. *Revista fitotecnia mexicana* 37(2):149-157.
- Guandula y-Lcázar M. A., Ferrer –Almaraz, M. A., Flores-Pérez J. M. y Ramos L. G. 2017. Desarrollo de un mecanismo para el tutorado de plantas de jitomate en invernadero. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias Revista Chapingo. Serie horticultura* 17(5):157-164.
- Hannapel D. J., Chen, H., Rosin F. M., Banerjee A. K. y Davies P. J. 2004. Molecular controls of tuberization. *American journal of potato research* 81(4): 263-274.
- Haverkort A. J., van de Waart M., y Bodlaender K. B. A. 1990. The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field studies. *Potato Research* 33(1), 89-96. .
- Igarza J.; Agramonte D., Alvarado, Y., De Feria M. y Pugh T. 2012. Empleo de métodos biotecnológicos en la producción de semilla de papa. *Biot. Veg.* 12(2): 3-24.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2005. Carta Topográfica. Teziutlán E14B5. Esc. 1.50, 000. Primera impresión. Dirección General de Geografía. México.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias). 2014. Centro Regional Centro. Folleto Técnico Número 27.
- Jiménez-Terry F., Agramonte, D., Pérez M., León M., Rodríguez M., De Feria M. y Alvarado-Capó M. 2010. Producción de mini tubérculos de papa variedad. ‘Desirée’

- en casa de cultivo con sustrato zeolita a partir de plantas cultivadas in vitro. *Biotecnología vegetal* 10 (4): 219-228.
- Kooman P. L., Fahem M., Tegera P., y Haverkort A. J. 1996. Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. *European Journal of Agronomy* 5(3): 207-217.
- Martínez F. A. 2009. Caracterización morfológica e inventario de conocimientos colectivos de variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*) en la provincia de Chimborazo. Tesis Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador. 159 p.
- Meier U. 2001. Estadios de las plantas mono- y dicotiledóneas. BBCH Monografía. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. 149 p.
- Mejía-España D. F., Valencia Flórez L. F., Latorre Vásquez L. I., y Trejo Escobar D. M. 2021. Manual de procedimientos para el análisis de Calidad en Tubérculos de Papa. Revista. Mejoramiento tecnológico. Facultad de agricultura. Universidad de Nariño. Colombia. 12p.
- Mercado L. A. 2007. Manual de Producción de Jitomate (*Lycopersicon esculentum L.*) en Variedades De Crecimiento Indeterminado Bajo Invernadero. Disponible en línea: <http://ri.uaq.mx/bitstream123456789/2584/1/RI002329.pdf>. Consultado 09/2022.
- Milton P. J., Allen S. D. 1995. *Breeding Field Crops*. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. 494p.
- Ministerio de Agricultura y Riego. 2020. – SISAP - Perú. Boletín papo – Abastecimiento y precios en Lima. 12p.
- Morales-Fernández S. D., Mora-Aguilar R., Rodríguez-Pérez J. E., Salinas-Moreno Y., Colinas-León M. y Lozoya- Saldaña H. 2011. Desarrollo y rendimiento de papa en respuesta a la siembra de semilla-tubérculo inmadura. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 17(1): 67- 75.
- Morales-Fernández S. D., Mora-Aguilar R., Salinas-Moreno Y., Rodríguez-Pérez J. E., Colinas-León M. T. y Lozoya-Saldaña M. T. 2015. Growth, yield and sugar content of potato tubers at different physiological ages. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 21(2): 129-146.

- Morales-Fernández S. D., Mora-Aguilar R., Salinas-Moreno Y., Rodríguez-Pérez J. E., Colinas-León M. T. y Lozoya-Saldaña H. 2018. Crecimiento y contenido de azúcares de tubérculo de papa en cuatro estados de madurez en condiciones de invernadero. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 24(1): 53-67.
- Muñiz J., Kretschmar A. A., Rufato L., Pelizza T R., Rufato A. de R., DE Macedo T.A. 2014. General aspects of *Physalis* cultivation. *Cinc. Rural, Santa Maria (Brasil)*. 44(6):964-970.
- Palacios C. A., Jaramillo S., González L. H., y Cotes J. M. 2008. Efecto de la fertilización sobre la calidad de la papa para procesamiento en dos suelos antioqueños con propiedades ándicas. *Agronomía colombiana* 26(3): 487-496.
- Rodríguez L. E. 2010. Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 28(1): 9-17.
- Rubio C. O.A., Rangel G. I. A., Flores L. R., Magallanes G. J. V., Díaz H. C., Zavala Q. T. E., Rivera P. A., Cadena H. M., Rocha R. R., Ortiz T. C., López D. H., Díaz V. M. y Paredes T. A. 2000. Manual para la producción de papa en las sierras y valles altos del centro de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Centro (CIRCE). Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA). Libro técnico Núm. 1. División Agrícola. 67 p.
- Sabba R. P., Bussan A. J., Michaelis B. A., Hughes R., Drilias M. J., y Glynn M. T. 2007. Effect of planting and vine-kill timing on sugars, specific gravity and skin set in processing potato cultivars. *American Journal of Potato Research* 84(3): 205-215.
- Scapim C.A., Oliveira V.R., Braccini A.L., Cruz C.D., Andrade C.A.B., Vidigal M.C.G. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays L.*) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genet. Mol. Biol.* 23:387-393.
- Seminario J., Seminario A., Domínguez A., Escalante B. 2017. Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum L.*) del grupo Phureja. *Scientia Agropecuaria* 8(3): 181 – 191.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. La papa el cuarto cultivo de producción en el mundo. Disponible en línea

- <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-papa-el-cuarto-cultivo-de-mayor-produccion-en-el-mundo>. Consultado 09/2022.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. El tutorado de las plantas: creciendo de manera vertical y óptima. Disponible en línea <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-tutorado-de-las-plantas-creciendo-de-manera-vertical-y-optima>. Consultado 09/2022.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Estadística agrícola del cultivo de la papa. A nivel municipal, estatal y nacional. México. Disponible en línea <https://www.gob.mx/siap/articulos/produccionagropecuaria>. Consultado 09/2022.
- Sifuentes I, E., Ruelas I. J. D. R., Macías C.J., Talamantes C. I., Palacios M. C. A. y Valenzuela L. B. E. 2015. Fenología y tiempo en el manejo del riego y fertilización del cultivo de papa. *Biotecnia* 17(3): 42-48.
- Sifuentes I. E. 2020. Manejo del cultivo de papa utilizando grados días: bases y aplicaciones, para la fenología, riego, fertilización, plagas y enfermedades. Serie de seminarios virtuales 2020. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMIIR). México pp:26.
- Soldevilla-Canales C. S., Peña-Lomelí A., Solís-Mendoza M. F. Vásquez-Rojas T. R., y Colinas-León M. T. 2002. Aplicación al suelo de CO₂, uso de acolchados plásticos y sistemas de manejo en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* B.). *Revista. Chapingo Serie horticultura* 8: 25-38.
- Sonnewald S. y Sonnewald U. 2014. Regulation of potato tuber sprouting. *Planta* 239(1): 27-38.
- Spooner D.M. y Hetterscheid W.L.A. 2005. Origins, evolution, and group classification of cultivated potatoes. pp. 285-307. *In: Motley, T.J., N. Zerega y H. Cross (eds.). Darwin's harvest: new approaches to the origins, evolution and conservation of crops.* Columbia University Press, New York, NY.
- Van den Berg R.G. y Jacobs M.J. 2007. Capítulo 4: Molecular taxonomy. *In: Vreugdenhil, D. (ed.). Potato biology and biotechnology advances and perspectives.* Elsevier, Amsterdam. pp. 55-74
- Zvomuya F. y Rosen C. J. 2002. Biomass partitioning and nitrogen use efficiency of Superior' potato following genetic transformation for resistance to Colorado potato

beetle. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127(4): 703-709.
Retrieved from [http://journal.ashspublications.org/content/127/4/703.
full.pdf+html?sid=69371c99-6a40-4875-bc0e91659a33821](http://journal.ashspublications.org/content/127/4/703.full.pdf+html?sid=69371c99-6a40-4875-bc0e91659a33821). 08/2022.