

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Sistema de Producción de Papa en el Estado de Coahuila y Nuevo León

Por:

HÉCTOR MANUEL CASTILLO SOTO

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Sistema de Producción de Papa en Coahuila y Nuevo León

Por:

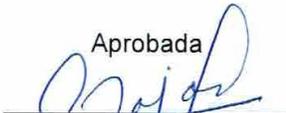
HÉCTOR MANUEL CASTILLO SOTO

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada


M.C. Carlos Rojas Peña
Asesor Principal


M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coasesor


M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2020



AGRADECIMIENTOS

A Dios: Agradezco primeramente al ser más maravilloso, “Dios” por ser el centro de mi vida, por la gran bendición de la vida y salud, por darme la fortaleza para superar cada obstáculo en la vida y de manera profesional, siempre está presente en las tristezas, en las alegrías, su luz bendice mi camino, eternamente gracias porque me regalo una hermosa familia.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: Mi Alma Terra Mater por ser una gran casa de estudios, mi segunda casa, por ejercer la enseñanza a sus profesionistas con sencillez y humildad para el campo. Por formarme parte de ella, por los conocimientos que recibí, por todas las oportunidades tanto personal como en la carrera, es un orgullo defenderla en mi vida profesional.

Al M.C Carlos Rojas Peña: Por compartir sus conocimientos, confianza, amistad dentro y fuera de las aulas, por ser parte del jurado de este trabajo de investigación.

Al M.C Blanca Elizabeth Zamora Martínez: Por la confianza y la amistad, por regalar un poco de su tiempo para compartir sus conocimientos, asesoramiento para la realización de este trabajo y por ser parte del jurado.

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera: Por el conocimiento, apoyo para la realización de este proyecto de investigación, por brindarme su amistad y sus consejos “Gracias”.

Al Ing. Rolando Alfredo Sandino Salazar: Por compartir sus conocimientos, confianza y por ser parte del jurado de este trabajo de investigación.

A la Ingeniero Cleotilde Hernández Matías: Por su amistad, el apoyo y asesoramiento para la realización de este trabajo.

Al M.C Genaro Arturo Rodríguez de la Colina: Por compartir su amistad, confianza y la oportunidad de trabajar con él desde el momento que toque las puertas de su empresa.

Al M.C Blas Alberto Ríos Burciaga: Por el apoyo en todo momento, confianza y su gran amistad como compañero de generación y de forma profesional.

Al Ingeniero Blas Rodríguez Quilatan: Por el tiempo de conocerlo brindándome su confianza y gran amistad gracias mi hermano.

Al Departamento de Riego y Drenaje: A todos los profesores que me formaron con sus enseñanzas y en especial del Departamento de Riego, que transmitieron sus conocimientos para poder desempeñarme profesionalmente.

A mis amigos y compañeros de generación: Nicté Citlali Dávila Tristán, Flavio Junco Ramírez, Sandro Hernández Hernández, Alfredo Torres Violante, Víctor Peña Salazar, Eugenio Sánchez Vega, Belinda Xiomara Encina Moncada, Mario Aguirre Aguirre, María Antonia Mendoza Armendáriz. Ing. José M. Álvarez Salomón, Ing. Gerónimo Navarro Moguel, Ing. Fernando Salinas López, Ing. Saúl Martínez. Por haberme brindado su confianza, su amistad incondicional, por vivir momentos alegres y su apoyo gracias.

A la familia: Bacópulos Mejía especialmente al Ing. Elyn Bacópulos Téllez por su apoyo incondicional durante mi carrera.

A la familia: Amézquita Carreón especialmente al Sr. Homero Amézquita Cárdenas por sus sabios consejos.

A la familia: Bernardi Mánica especialmente al Sr. Antolín Bernardi Aguilar (+) por su apoyo incondicional, amigo de toda la vida siempre estarás presente.

A la familia: Valdez Luna, especialmente a la Sra. Minerva Luna Moreno, por sus consejos durante y después de mi estancia en la universidad eternamente agradecido.

A todas las personas que de alguna manera conozco y que me falta nombrar pero que no dejan de ser importantes, a las personas que sin conocerte brindan su ayuda, siempre serán recordadas, "gracias".

DEDICATORIAS

A mis padres: El Sr. Próspero Castillo Martínez, Sra. María Cristina Soto Monclut. Con todo mi cariño: son los seres que más quiero, respeto y admiro, por darme el más bello de los regalos “La vida” y por brindarme su apoyo incondicional y confianza, porque ayudaron a contribuir este sueño que significa la realización y culminación de mis estudios por esto y más les agradezco con todo mi corazón.

A mi abuela: Sra. Ana María Martínez Bonilla por su eterno amor incondicional que me brindo durante toda su vida, sus sabios consejos a la cual le agradezco eternamente.

A mis hermanos: Isela María, Cristina Judith, Ing. César Heberto y Ada Laura por creer en mí, porque siempre han estado en las buenas y malas, por los buenos y malos momentos que hemos pasado, por la comprensión, confianza y apoyo incomparable que me han brindado y que me brindan día con día “Los amo”.

A mi esposa: María del Carmen Martínez Alvarado gracias por ser parte fundamental en mi vida, por tu comprensión, apoyo y paciencia, por compartir tantas vivencias y por las tristezas y alegrías que hemos pasado juntos te dedico este trabajo te deseo lo mejor “Te amo”.

A mis hijos: Andoni Castillo Serapio, Héctor Alexis Castillo Martínez, André Sebastián Castillo Martínez, son el regalo más bello, hermoso que tengo “Los amo” con todo mi corazón, son mi mayor inspiración, por todo lo que hemos vivido estoy eternamente agradecido con la vida y dios. Koda por formar parte de la familia, te ganaste el cariño de cada uno, te llevare en el corazón.

A mis primos: Ing. Ervin Castillo, Elder Castillo (+), por enseñarme el lado positivo de la vida y su entorno, por hacer de lo simple lo más sublime de cada situación.

A mis sobrinos: Yesica, Yareth, Brenda, Alexa, Emiliano, Emilio, Fabio, Paulina, Fernanda y Cesar Manuel. Gracias por su apoyo y su cariño incondicional que me brindaron durante todo el tiempo, así como a los familiares “gracias”.

*“La humanidad, va en carrera desesperante,
destruyendo al tratar de construir,
porque no saben que la vida es eterna y continua
y que en la calma se encuentra el triunfo.”*

Reynaldo Martínez Bonilla

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|---|--------|
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| DEDICATORIAS..... | V |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | VII |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | X |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XII |
| I.INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivo general..... | 3 |
| II.REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. Origen e historia..... | 4 |
| 2.2. Importancia económica..... | 4 |
| 2.3. Clasificación taxonómica..... | 7 |
| 2.4. Descripción botánica..... | 8 |
| 2.4.1. Raíz..... | 8 |
| 2.4.2. Tallo..... | 8 |
| 2.4.3. Hoja..... | 8 |
| 2.4.4. Flor..... | 9 |
| 2.4.5. Fruto y semilla..... | 9 |
| 2.5. Fenología de la papa..... | 9 |
| 2.6. Composición de la papa..... | 10 |
| 2.7. Requerimientos agroclimáticos..... | 11 |
| 2.7.1. Temperatura..... | 11 |
| 2.7.2. Humedad Relativa..... | 12 |
| 2.7.3. Fotoperiodo..... | 12 |
| 2.7.4. Altitud..... | 12 |
| 2.7.5. Viento..... | 12 |
| 2.7.6. Suelo..... | 13 |
| 2.8. Localización de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León.. | 13 |
| 2.8.1. Condiciones climatológicas..... | 14 |
| 2.8.2. Condiciones edáficas..... | 14 |
| 2.8.3. Condición de precipitación..... | 15 |
| 2.9. Ubicación de los sitios producción de papa por municipios... | 17 |
| 2.10. Variedades más sembradas..... | 18 |
| 2.10.1. Fianas..... | 18 |
| 2.10.2. Agatas..... | 19 |
| 2.10.3. Ambras..... | 19 |
| 2.10.4. FL..... | 19 |
| 2.11. Preparación del terreno..... | 19 |
| 2.10.1. Interpretación de análisis de suelo..... | 20 |
| 2.12. Material de siembra..... | 21 |
| 2.12.1. Siembra de la papa..... | 22 |
| 2.12.2. Densidad de siembra..... | 23 |
| 2.13. Manejo del cultivo..... | 23 |
| 2.13.1. Labores culturales..... | 24 |

| | |
|---|----|
| 2.14. Condiciones del agua para riego..... | 24 |
| 2.14.1. Interpretación de análisis de agua..... | 25 |
| 2.14.2. Ácidos para mejorar la calidad del agua..... | 25 |
| 2.15. Sistemas de riego en cultivo de papa..... | 26 |
| 2.15.1. Pivote central..... | 26 |
| 2.15.2. Side roll..... | 27 |
| 2.15.3. Micro aspersión..... | 27 |
| 2.15.4. Por goteo..... | 27 |
| 2.16. Nutrición del cultivo..... | 27 |
| 2.16.1. Macronutrientes..... | 28 |
| 2.16.1.1. Nitrógeno..... | 28 |
| 2.16.1.2. Fosforo..... | 29 |
| 2.16.1.3. Potasio..... | 29 |
| 2.16.1.4. Calcio..... | 30 |
| 2.16.1.5. Magnesio..... | 30 |
| 2.16.1.6. Azufre..... | 30 |
| 2.16.2. Micronutrientes..... | 31 |
| 2.16.2.1. Boro..... | 31 |
| 2.16.2.2. Hierro..... | 31 |
| 2.16.2.3. Manganeso..... | 32 |
| 2.16.2.4. Zinc..... | 32 |
| 2.16.2.5. Cobre..... | 32 |
| 2.16.2.6. Molibdeno..... | 33 |
| 2.16.2.7. Cloro..... | 33 |
| 2.17. Efectos de interacción iónica en la absorción de nutriente... | 34 |
| 2.17.1. Antagonismos/Sinergismos..... | 34 |
| 2.18. Fertilización en la papa..... | 35 |
| 2.18.1. Fertirriego..... | 35 |
| 2.18.2. Fertilizantes apropiados para el fertirriego..... | 38 |
| 2.19. Importancia de la fertilización foliar..... | 38 |
| 2.20. Malezas..... | 38 |
| 2.20.1. Control..... | 38 |
| 2.21. Plagas y enfermedades del cultivo..... | 39 |
| 2.21.1 Plagas..... | 40 |
| 2.21.2. Nematodos..... | 41 |
| 2.21.3. Enfermedades bacterianas..... | 43 |
| 2.21.4. Enfermedades fungosas..... | 44 |
| 2.21.5. Enfermedades por fitoplasma..... | 45 |
| 2.21.6. Enfermedades virosas..... | 47 |
| 2.21.7. Control de plagas y enfermedades..... | 48 |
| 2.22. Fisiopatías..... | 49 |
| 2.23. Muestreo para la evaluación de rendimiento..... | 50 |
| 2.23.1. Defoliación o desvare..... | 50 |
| 2.23.2. Aplicación de desecantes..... | 50 |
| 2.23.3. Aporcado y roturación..... | 51 |
| 2.23.4. Suberización..... | 51 |
| 2.24. Cosecha..... | 51 |

| | |
|---|-----------|
| 2.24.1. Recolección y carga de la papa..... | 52 |
| 2.25. Comercialización..... | 52 |
| 2.25.1. Costos de producción para una hectárea según el paquete tecnológico..... | 52 |
| III.CONCLUSIÓN..... | 54 |
| IV.LITERATURA CITADA..... | 55 |
| V.APÉNDICE..... | 61 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|---------------|--|---------------|
| 2.1. | Estadística de los países con mayor producción de papa en el 2017..... | 5 |
| 2.2. | Estadística nacional de producción de papa los últimos 10 años..... | 5 |
| 2.3. | Estadística de estados con mayor producción y superficie cosecha en el 2017..... | 6 |
| 2.4. | Estadística de estados con mayor rendimiento y valor de producción en el 2017..... | 6 |
| 2.5. | Información del cultivo de papa por ciclo agrícola durante los últimos 4 años en Galeana, Nuevo León... | 7 |
| 2.6. | Temperaturas en el cultivo según su etapa de desarrollo..... | 11 |
| 2.7. | Plaguicidas al suelo antes de siembra..... | 20 |
| 2.8. | Fertilizantes en pre siembra..... | 23 |
| 2.9. | Interacción entre iones de los nutrientes causando antagonismo y sinergismo..... | 34 |
| 2.10. | Fertilizantes para el fertirriego..... | 36 |
| 2.11. | Fertilizantes foliares..... | 38 |
| 2.12. | Herbicidas para control de malezas..... | 39 |
| 2.13. | Síntomas y lugar de ataque de las plagas en el cultivo de papa..... | 40 |
| 2.14. | Descripción de las especies de nematodos en el cultivo de papa..... | 42 |
| 2.15. | Descripción de las enfermedades más relevantes en | |

| | | |
|-------|---|-----------|
| | el cultivo de papa..... | 43 |
| 2.16. | Descripción de las enfermedades provocadas por hongos en el cultivo de papa..... | 44 |
| 2.17. | Descripción de los virus que atacan a la papa..... | 47 |
| 2.18. | Plaguicidas para control de plagas y enfermedades.... | 49 |
| 2.19. | Costo de producción para una hectárea según el paquete tecnológico..... | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|---|---------------|
| 2.1. | Composición de un tubérculo de papa..... | 10 |
| 2.2. | Clima del área de producción de papa..... | 15 |
| 2.3. | Tipo de suelo del área de producción de papa..... | 16 |
| 2.4. | Precipitación de la zona de producción de papa..... | 16 |
| 2.5. | Puntos de producción de papa en Arteaga y Galeana.. | 17 |
| 2.6. | Siembra manual y mecánica..... | 22 |
| 2.7. | Compatibilidad de fertilizantes..... | 37 |
| 2.8. | Síntomas de punta morada en follaje y tallo en papa... | 46 |
| 2.9. | Formas de transmisión de los virus en cultivo de papa..... | 48 |

I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.), es una planta originaria de Sudamérica, siendo el tubérculo su parte comestible. Desde su descubrimiento hasta nuestros días ha cobrado una gran importancia y popularidad en todo el mundo. En algunos países la papa es un alimento esencial en la dieta de sus habitantes por los beneficios a la salud.

A nivel mundial, la papa es el cuarto cultivo de mayor importancia detrás del maíz, trigo y arroz (SIAP, 2018). La papa actualmente se produce en más de 100 países, donde la mayoría lo consume como alimento básico por su excelente contenido energético y valor nutritivo. Gracias a la gran diversidad de ecosistemas en todo el mundo se cultiva en una superficie de 20 millones de hectáreas, con una producción aproximadamente de 385 millones toneladas. Los principales productores son el continente asiático y europeo, que suministran el 80% de la producción en el mercado, siendo China el principal productor del mundo, seguido por Rusia, India, Polonia, Estados Unidos, Ucrania, Alemania y los Países Bajos. Sin embargo, en rendimiento hay una gran variación, ya que hay países que generan de 30 a 65 toneladas, donde China tiene el rendimiento más bajo (SIAP, 2018).

A nivel nacional en el año 2018 la producción de papa fue cerca de 1, 803, 000 toneladas, en una superficie sembrada superior a las 60,303 mil hectáreas, siendo el rendimiento promedio fue de 29.9 toneladas por hectárea, y generando una divisa de 14,165 millones de pesos al país. Sin embargo, a pesar de que se produce casi todo el año y ser un alimento con gran valor nutritivo, el consumo per cápita de papa es bajo con 15.4 kg por persona (SIAP, 2019).

El cultivo es muy redituable, ya que permite obtener rendimientos altos en menos unidad de superficie que otros cultivos de importancia, esto debido que casi un 85% de la planta es comestible, comparado con los cereales, un 50% menor. La producción de papa en el país es principalmente para consumo nacional. El 29% de la producción nacional de la papa se destina a la industria, 56% es para consumo en fresco y el 15% se utiliza para la producción de semilla.

Dada la diversidad de climas del país la papa se cultiva en más de 24 estados, siendo este el listado representativo de los principales estados productores: Sonora, Sinaloa, Puebla, Veracruz, Estado de México, Nuevo León, Baja California Sur, Chihuahua, Jalisco, Michoacán y el resto de los estados (SIAP, 2019).

El estado de Coahuila, no destaca como un productor comercial importante a nivel nacional. Sin embargo, la producción de esta hortaliza en la zona papera, representa la principal economía de la región.

El cultivo de papa demanda grandes cantidades de nutrimentos, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) durante la producción. Siendo una de las hortalizas de mayor rentabilidad, tiene como limitante principal los altos costos de producción, generando una excesiva aplicación de insumos fertilizantes y plaguicidas (White, *et al.*, 2007) causando un deterioro gradual la calidad del suelo y por supuesto la del cultivo, así como uso inadecuado del agua de riego.

Actualmente en el noroeste de México, para producir papa se requiere de 30 a 50 aplicaciones de insecticida para el control de los principales vectores de virus y fitoplasma, al incrementar la dosis de aplicación es la solución para subsanar el problema de enfermedades (Parga, *et al.*, 2008). También el uso intensivo de agroquímicos, los cuales representan cerca del 40% del costo del cultivo, según información (FIRA 2011 citado por Aparicio, 2013).

Por lo anterior, los productores de papa enfrentan cada año, grandes retos para lograr objetivos, una producción con alto rendimiento por superficie de siembra, obtener un producto sano y de calidad para el mercado destinado.

Objetivo general

Dar a conocer la forma de cómo se realiza el cultivo de papa, en las regiones productoras de Coahuila y Nuevo León.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen e historia.

La papa (*Solanum tuberosum* L.), una hortaliza originaria de América del sur, de la región montañosa andina (cerca del Lago Titicaca), que comprende los países de Perú, Bolivia y Chile; se han demostrado indicios de domesticación hace 7 000 a 10,000 años. De América a España en el año 1570, fue llevado por los colonizadores españoles. España expandió el cultivo en menos de 100 años hacia los demás países de Europa, posteriormente pasa a Asia en la India en el año 1610, China en 1700 y Japón en el año 1766; en el año 1700 por medio de los migrantes fue llevada al norte de América (Montaldo, 1984). Aunque también se ha podido demostrar que algunas variedades silvestres se han encontrado en México (Comité Nacional Sistema Producto Papa, 2013; Citado por Limón, 2017).

2.2. Importancia económica.

Su importancia quedó clara con la hambruna que se presentó en Irlanda en los años 1845 a 1847, donde causó más de un millón de muertes de personas y la emigración de otro millón más de habitantes. Siendo una enfermedad, la causa de este acontecimiento "*Phytophthora infestans*" que devastó tres cosechas seguidas de papa (Vázquez, 2015).

La papa es el cultivo de mayor producción y más consumido en el mundo por ser una fuente importante de alimentación para la sociedad. Las estimaciones de los principales países en cuanto a producción por toneladas, en el cultivo de papa se muestran en el Cuadro 2.1. (FAOSTAT, 2018). <https://blogagricultura.com/estadisticas-papa-produccion/>

Cuadro 2.1. Estadísticas de los países con mayor producción de papa durante el año 2017.

| País | Producción (ton) | País | Superficie (Ha) | País | Promedio (ton/Ha) |
|--------------------|------------------|--------------------|-----------------|---------------|-------------------|
| China, Continental | 99,147,000 | China, Continental | 5,765,144 | Kuwait | 62.4 |
| India | 48,605,000 | India | 2,179,000 | Nueva Zelanda | 49.3 |
| F. de Rusia | 29,589,976 | F. de Rusia | 1,889,208 | E. U. A. | 48.2 |
| Ucrania | 22,208,220 | Ucrania | 1,323,200 | Bélgica | 47.6 |
| E.U. A | 20,017,350 | Bangladesh | 499,725 | Alemania | 46.8 |
| Alemania | 11,720,000 | E.U.A | 415,010 | Holanda | 46.0 |
| Bangladesh | 10,215,957 | Nigeria | 345,246 | Irlanda | 44.8 |
| Polonia | 9,171,733 | Canadá | 342,218 | Dinamarca | 43.7 |
| Holanda | 7,391,881 | Polonia | 329,323 | Inglaterra | 42.6 |
| Francia | 7,342,203 | Perú | 310,400 | Francia | 42.3 |

En México el cultivo de papa es de gran demanda por la enorme fuente de ingreso que genera para los agricultores, ya que es una fuente de empleo en la zona productora y sus alrededores. Sin embargo en los últimos 10 años (Cuadro 2.2) la producción de papa se ha encontrado afectada sobre todo en el noroeste del país, donde se produce poco más de 40% de la producción nacional, (SIAP, 2018). <https://blogagricultura.com/estadisticas-papa-mexico/>.

Cuadro 2.2. Estadística nacional de producción de papa los últimos 10 años.

| Año | Producción Obtenida (ton) | Superficie Cosechada (Ha) | Rendimiento Promedio (ton/Ha) | Valor de la Producción (millones \$) |
|------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 2009 | 1,500,497 | 54,097 | 27.7 | 11,336 |
| 2010 | 1,536,617 | 55,359 | 27.8 | 11,622 |
| 2011 | 1,433,239 | 54,551 | 26.3 | 9,070 |
| 2012 | 1,801,618 | 67,200 | 26.8 | 10,679 |
| 2013 | 1,629,938 | 60,875 | 26.8 | 11,363 |
| 2014 | 1,678,833 | 61,409 | 27.3 | 11,984 |
| 2015 | 1,727,346 | 63,638 | 27.1 | 11,669 |
| 2016 | 1,796,814 | 64,342 | 27.9 | 10,823 |
| 2017 | 1,715,499 | 59,256 | 29.0 | 11,273 |
| 2018 | 1,802,592 | 60,303 | 29.9 | 14,165 |

La papa se cultiva en más de 24 estados del país, los principales lugares productores se muestran en el Cuadro 2.3, donde destaca Sonora en primer lugar con 14,269 hectáreas cosechadas con una producción de 417,850, (SIAP, 2018). <https://blogagricultura.com/estados-productores-papa-2018/>

Cuadro 2.3. Estadística de estados con mayor producción y superficie cosechada en el 2017.

| Estado | Producción (ton) | Estado | Superficie cosechada (Ha) |
|---------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Sonora | 417,850 | Sinaloa | 14,269 |
| Sinaloa | 375,821 | Sonora | 11,535 |
| Puebla | 189,595 | Puebla | 7,187 |
| Estado de México | 169,573 | Veracruz | 6,101 |
| Veracruz | 155,887 | Estado de México | 5,762 |
| Nuevo León | 97,899 | Nuevo León | 2,511 |
| Baja California Sur | 82,148 | Baja California Sur | 2,346 |
| Chihuahua | 60,306 | Chihuahua | 1,953 |
| Jalisco | 59,445 | Chiapas | 1,917 |
| Michoacán | 39,416 | Jalisco | 1,893 |

La estadísticas para el ciclo de producción en el año 2017 muestra que los estados con mayor rendimiento y su utilidad por hectárea, destaca Zacatecas en cuanto a al promedio de producción en toneladas por hectárea, pero Sonora fue el estado con mejor utilidad generada (Cuadro 2.4), (SIAP, 2018). <https://blogagricultura.com/estados-productores-papa-2018/>

Cuadro 2.4. Estadística de estados con mayor rendimiento y valor de producción en el 2017.

| Estado | Promedio (ton/Ha) | Estado | Valor de Producción (millones \$) |
|-----------------|--------------------------|---------------|--|
| Zacatecas | 43.2 | Sonora | 3,436 |
| Guanajuato | 42.9 | Sinaloa | 2,463 |
| Nuevo León | 39.0 | Veracruz | 1,381 |
| Sonora | 36.2 | Puebla | 1,352 |
| Coahuila | 36.2 | N. León | 1,320 |
| Baja California | 36.0 | México | 1,263 |
| Tamaulipas | 35.8 | Jalisco | 559 |
| Michoacán | 35.7 | B. C. Sur | 534 |
| B. C. Sur | 35.0 | Chihuahua | 479 |
| Jalisco | 31.4 | Zacatecas | 314 |

Por otro lado, el estado de Nuevo León se convirtió en el segundo productor de papa más importante, al aportar el 11% del volumen de la producción en México del 2003 en adelante. Las estadísticas (Cuadro 2.5.) recientes indican que el valor de la producción ha ido en incremento, aunque la superficie sembrada se ha reducido más de 700 hectáreas (SIAP, 2019). El estado de Coahuila, no entra en la lista de estados productores comerciales, sin embargo, la producción de papa, representa la economía de la región.

Cuadro 2.5. Información del cultivo de papa por ciclo agrícola durante los últimos 4 años en Galeana, Nuevo León.

| Año Agrícola | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| Superficie sembrada (Ha) | 3,209.00 | 2,580.00 | 2,619.00 | 2,511.00 |
| Superficie cosechada (Ha) | 3,209.00 | 2,580.00 | 2,619.00 | 2,511.00 |
| Producción (ton) | 104,985.00 | 90,765.10 | 91,765.10 | 97,899.10 |
| Rendimiento (ton) | 32.72 | 35.11 | 35.04 | 38.99 |
| Valor de Producción (\$) | 784,671,415 | 750,068,940 | 1,027,977,446 | 1,320,127,900 |

2.3. Clasificación taxonómica.

Montaldo (1984), ubica al cultivo de papa, según la especie, dentro de los siguientes niveles taxonómicos:

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *tuberosum*

2.4. Descripción Botánica.

La papa es una planta anual dicotiledónea de tipo herbácea arbustiva que llega a alcanzar alturas hasta de 150 cm.

2.4.1. Raíz.

El sistema radical, es fibrosa y ramificada, con raíces adventicias finas y delgadas que se origina de una semilla o tubérculo. Su mayor área de desarrollo se encuentra entre los 40 cm de profundidad en suelo franco, franco-arcillo-limoso. Es el órgano responsable de la absorción de agua y nutrientes y del anclaje de la planta

2.4.2. Tallo.

La papa presenta tres tipos de tallos:

1. Los aéreos: los cuales son gruesos, anguloso y fuertes, siendo a los inicios erguidos y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo. Estos tallos se originan en las yemas del tubérculo semilla, obteniendo una altura variable entre 50 a 100 cm. Son de color verde pardo debido a los pigmentos de antocianinas asociados a la clorofila.
2. Rizomas o Estolones, son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias. Los rizomas producen unos hinchamientos denominados tubérculos, siendo estos ovales o redondos.
3. Tubérculos, son los órganos comestibles de la papa y están formados por tejido parenquimatoso, donde se acumulan las reservas de almidón. En las axilas de los tubérculos sitúan las yemas de crecimiento llamado "ojos", dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo.

2.4.3. Hoja.

Presenta hojas compuestas, imparipinnadas, pubescentes de siete a nueve folíolos intercalares, más grande en la terminación. La nerviación de las

hojas es reticulada, con mayor densidad en los nervios y en los bordes del limbo.

2.4.4. Flor.

Presenta inflorescencias que son cimosas, se encuentran en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral. Las flores tiene la corola rotácea gamopétala de varios colores que van desde blanco, rosado y violeta.

2.4.5. Fruto y semilla.

El fruto tiene forma de baya redondeada de color verde de un 1 a 3 cm de diámetro, que se tornan amarillos al madurar. La semilla es pequeña, aplanada y blanda se encuentra en el lóculo, son abundantes de 100 a 400 unidades.

2.5. Fenología del cultivo.

Gudmestad (2008), menciona que es importante conocer y aclarar los estados de desarrollo de la papa en el ciclo productivo que son los siguientes:

1. **Siembra a emergencia:** Antes de emerger las yemas comienzan a brotar desde el tubérculo madre, siendo la única fuente energética para la planta, posee las reservas para realizar la emergencia. Proceso que puede llevar un tiempo de 15 a 30 días.
2. **Crecimiento vegetativo:** Las yemas han llegado hasta la superficie, generan tallos, hojas que comienzan a fotosintetizar y generar energía, las raíces entran en actividad de absorción de agua y nutrientes. La planta deja de depender de las reservas del tubérculo madre. Esta fase sucede a los 75 días después de la siembra.
3. **Iniciación de los tubérculos:** Este periodo coincide con la floración del cultivo. Es cuando la punta de los estolones comienza a hincharse para formar los nuevos tubérculos, son de un tamaño muy pequeño. La duración de esta etapa es entre 10 y 14 días.

4. **Engrosamiento de tubérculos:** Está etapa coincide con la plena floración Inicia poco después de la iniciación donde los tubérculos comienza a crecer, tiempo que la planta requiere y extrae más nutrientes del suelo, fase de más susceptibilidad y vulnerabilidad. El follaje detiene su crecimiento, comienza la mayor actividad fotosintética, translocación de mayor cantidad de carbohidratos a los frutos y los tubérculos.
5. **Maduración de tubérculos:** Esta fase es la senescencia del follaje, envejece y se torna amarillo para luego secarse, los tubérculos continúan un pequeño crecimiento. Finalmente las plantas mueren y la epidermis de los tubérculos se endurece.

La importancia de la fenología del cultivo es identificar las épocas críticas de la planta, que pueda ser atacado por alguna plaga y/o enfermedad o cambiar su demanda de agua y nutrientes. De esta manera se pueden definir umbrales de daño económico, para integrar mejor las prácticas culturales, optimizar el uso de insumos y las recomendaciones sobre el desarrollo del cultivo, (Vázquez, 2015).

2.6. Composición de la papa.

La papa está constituida de 70 a 80 por ciento de agua y de materia seca de 20 a 30 por ciento. Posee excelentes propiedades; carbohidratos (almidón), minerales (calcio, potasio, fósforo y hierro) y vitaminas A, C y complejo B (Figura 2.1.), (FAO, 2009).

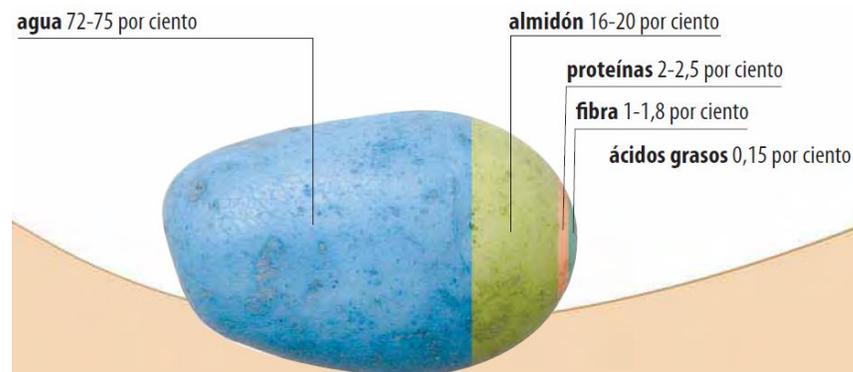


Figura 2.1. Composición de un tubérculo de papa.

La papa tiene un alto valor nutritivo para el ser humano pero esto depende de la forma de preparación y de los ingredientes añadidos. El almidón de la papa no puede ser consumido en crudo, se preparan hervidas o fritas, esto causa que la composición cambie, fuente obtenida de (La Papa, 2008). <https://www.tuberculos.org/papa-patata/>

2.7. Requerimientos agroclimáticos.

Se trata de una planta de clima templado, sin embargo, la papa se cultiva alrededor del mundo en zonas de clima templado, subtropical y tropical según la variedad que se adapte a las condiciones de cierto clima, (FAO, 2008).

2.7.1. Temperatura.

Es el factor principal que determina la duración del ciclo del cultivo. Es una hortaliza que con temperaturas por debajo de los 10 y por encima de los 30°C afectan seriamente el desarrollo de los tubérculos. La mejor producción y desarrollo del cultivo ocurre cuando las temperaturas diarias se mantienen entre los 17 y 23°C.

Cuadro 2.6. Temperaturas en el cultivo según su etapa de desarrollo.

| Temperatura | |
|-----------------------------------|------------|
| Etapa | |
| En el ambiente | |
| Dos semanas después de la siembra | 13°C |
| Desarrollo foliar | 12 a 14°C |
| Elongación de tallo y floración | 18°C |
| Formación de tubérculos | 16 a 20°C |
| En el suelo | |
| Emergencia y crecimiento foliar | 21 a 24 °C |
| Formación de tubérculos | 15 a 24°C |

Fuente: Rubio, *et al.*, 2000.

La papa es considerada una planta termoperiódica, es decir, necesita una variación de las temperaturas entre el día y la noche. La variación debe ser entre 10 a 25°C en el aire. La temperatura del suelo para el desarrollo de los tubérculos debe ser de 10 a 16°C durante la noche y de 16 a 22°C en el día. Temperaturas bajas durante el crecimiento vegetativo, se ve afectado el

crecimiento y desarrollo de las raíces, la tuberización de la papa así como la asimilación de nutrientes, especialmente el fósforo. Temperaturas altas aceleran el desarrollo de la planta así mismo su envejecimiento (Intagri, 2017). Las temperaturas para el cultivo de papa de acuerdo a su etapa de desarrollo, (Cuadro 2.6.).

2.7.2. Humedad Relativa.

En cuanto a la humedad relativa prefiere una atmósfera relativamente moderada, es un factor importante para el éxito del cultivo. La humedad excesiva puede ocasionar problemas de infestaciones de enfermedades e incluso disminuir los rendimientos en el cultivo, (Moreno, 2007).

2.7.3. Fotoperiodo.

Es un cultivo demandante de radiación solar y asociada con temperaturas frescas moderadas induce la fotosíntesis activa. La luz tiene una incidencia directa sobre el fotoperiodo, después de la emergencia, induce la tuberización, duración del crecimiento vegetativo, translocación de carbohidratos a los tubérculos, favorece la floración y fructificación. En general la planta se comporta mejor si recibe de 8 a 12 e incluso 16 horas, luminosidad (20,000 a 50, 000 lux) según la variedad. Días cortos favorecen el inicio de la tuberización y acortan el ciclo vegetativo, en cambio días largos tiene el efecto inverso (Intagri, 2017).

2.7.4. Altitud.

En cuanto a altitud varía, al ser un cultivo que se desarrolla desde 460 hasta 3,000 msnm, siendo la ideal los 1500 a 2500 msnm.

2.7.5. Vientos.

Los vientos tienen que ser moderados, con velocidades no mayores de 20 Km/h para evitar daños y reducción en rendimientos, (Intagri, 2017).

2.7.6. Suelo.

La papa aunque puede crecer en la mayoría de los suelos, siendo los mejores suelos; francos, francos-arenosos, francos-limosos y franco-arcillosos, con buen drenaje y ventilación, que facilitan la cosecha. Algunos trastornos en el desarrollo y producción de la papa regularmente ocurren en suelos salinos, alcalinos o compactados. El cultivo se desarrolla óptimamente en un rango de pH de 5.0 a 7.0. Sin embargo, en suelos con textura arcillosa, aplicando materia orgánica y regulando las frecuencias de riego se pueden alcanzar alta producción. Es recomendable tener suelos con una densidad aparente de 1.20 g/cm³, contenido de materia orgánica mayor a 3,5% y una conductividad eléctrica menor a 4 dS/m, (Intagri, 2017).

La pendiente tiene relación estrecha con la retención y captación de agua, para una buena productividad se recomienda una pendiente de 0.0 a 0.4%, mayores ocasiona la disminución de la producción de tubérculo.

2.8. Localización de los municipios, Arteaga Coahuila y Galeana Nuevo León.

El estado de Coahuila, se localiza entre los paralelos 24° 32' y 29° 31' latitud norte y entre los meridianos 99° 58' y 103° 57' de longitud oeste con una extensión territorial de 151,578 Km², (15,157,800 Ha). El municipio de Arteaga se ubica al sureste del estado, entre las coordenadas 100° 12' y 100°54' de longitud oeste y entre los paralelos 25° 07' y 25° 31' latitud norte a una altura media sobre el nivel del mar de 1730m, con una superficie de 1818.60 km², (181,860 Ha).

El estado de Nuevo León está localizado entre los paralelos 23°10' y 27° 46' latitud norte y entre los meridianos 98° 26' y 101° 13' latitud oeste, con una extensión territorial de 64,210 Km², (6,421,000 Ha). El municipio de Galeana se ubica al sureste del estado, entre los paralelos 24° 14' y 25° 16' latitud norte y entre las coordenadas 99° 50' y 100° 50' longitud oeste a una altura media

sobre el nivel del mar de 1655m, con una superficie de 6, 739.95 km², (673,995 Ha).

Para obtener la realización de cartografía se utilizan dos programas: SIG; el primero QGIS versión 3.10.2 donde se trabajó capas rasters para el efecto sombra, también se utilizaron archivos vectoriales para la representación de carreteras, división territorial y representaciones de climas, edafología y precipitación que fueron descargados desde el portal del INEGI y CONABIO en su Geoportal. El otro programa SIG; fue ArcGIS versión 10.1, en este programa se realizó el diseño; es decir, la representación de cuadrículas, escalas, coordenadas, descripciones y la parte textual para la representación del cultivo de papa en algunos sitios de Arteaga, Coahuila y en Galeana Nuevo León.

2.8.1. Condiciones climáticas.

En el municipio de Arteaga, Coahuila se encuentran Los Lirios y Huachichil, que se encuentran en el ya mencionado lugar, forman parte de las regiones productoras de papa. El municipio de Galeana, Nuevo León se encuentra a lo largo de la franja de la carretera federal 57, con presencia frecuente de pivotes centrales en la producción de papa. El clima de la región de Los Lirios y Huachichil es un clima templado sub-húmedo con lluvias escasas durante todo el año (Leos, 2004).

El clima de la región de Galeana es seco templado, templado subhúmedo y semiseco templado con lluvias escasas durante todo el año. Las características del clima (Figura 2.2) de los municipios de producción de papa son semejantes.

2.8.2. Condiciones edafológicas.

Los suelos que predominan en la región de Los Lirios y Huachichil son los Calcicoles (calcios), Castañozem (cálcicos o háplicos) y algunos fozem (calcáreos). Los suelos de la región de Galeana son de tipo castañozem, rendzina, fozem y en mayor escala por litosol y fluvisol. Las características de los tipos de suelos (Figura 2.3) en los municipios de producción de papa en

Arteaga Coahuila y Galeana Nuevo León, que son aptas para el cultivo (Leos, 2004).

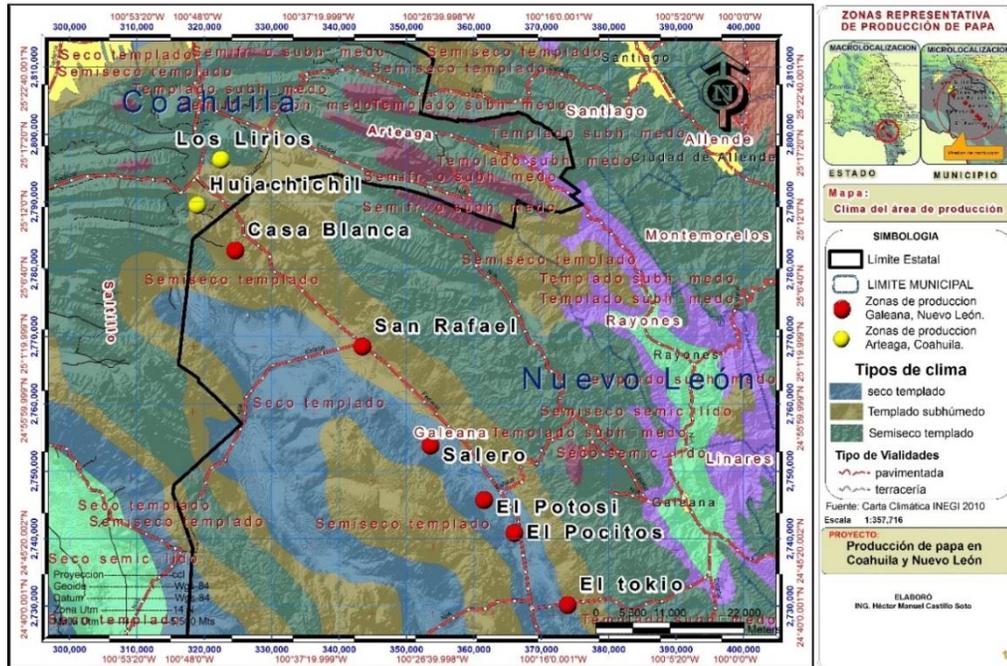


Figura 2.2. Clima del área de producción de papa.

2.8.3. Condiciones de precipitación.

La precipitación (Figura 2.4) en la región de Los Lirios y Huachichil la precipitación es escasa casi todo el año, sin embargo los meses más lluviosos son Julio - Agosto y marzo el mes más seco, presenta una precipitación anual que va de 125 a 600 m, al igual que la precipitación de la región de Galeana también es escasa durante todo el año por eso los agricultores hacen uso de sistemas de riego para la producción de papa (Leos, 2004).

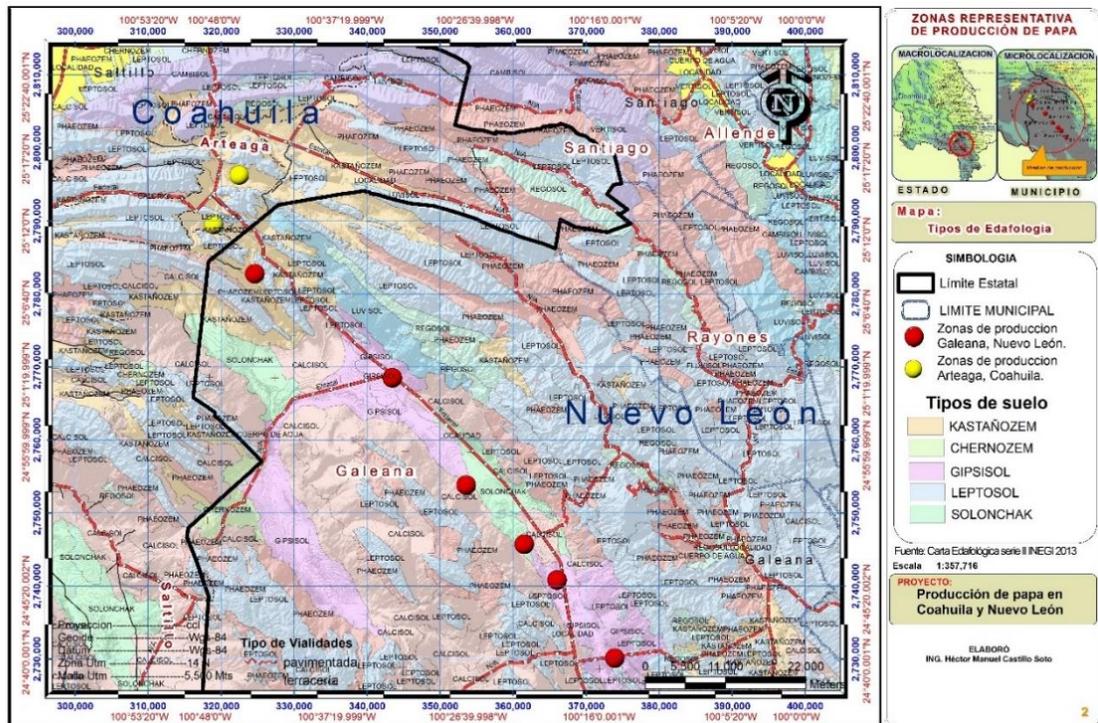


Figura 2.3. Tipo de suelo del área de producción de papa.

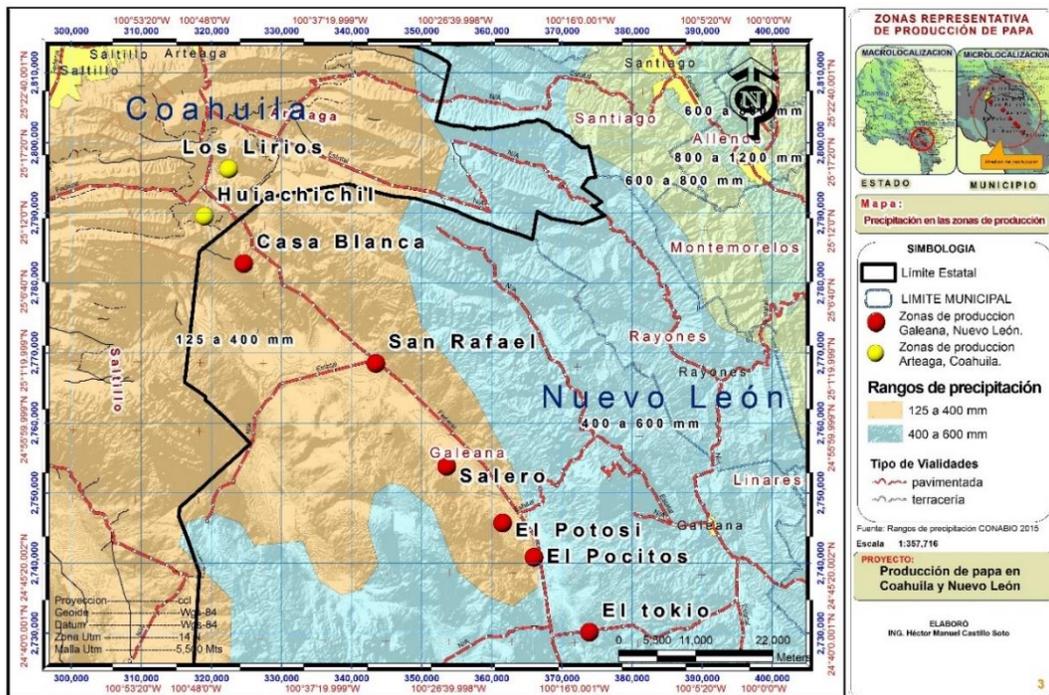


Figura 2.4. Precipitación de la zona de producción de papa.

2.9. Ubicación de los sitios de producción de papa por municipio.

En Nuevo León los municipios productores de papa son Aramberri y Galeana, que es líder en producción con un 26% del total de la entidad, lo que representa 1,301 MDP de valor agrícola. La superficie sembrada es de 25,109 hectáreas, esto equivale a 7.3% y la superficie cosechada es de 20,439 hectáreas, es decir el 6.1% del total de la entidad (SIAP, 2019). En el municipio de Galeana la siembra de papa constituye el cultivo con más alto rendimiento tendiendo 35.46 toneladas promedio según datos del 2015 al 2018.

El 100% de la producción de papa, es de riego con cintilla y sistemas de macroaspersión, destinada para consumo en fresco. Anteriormente, se destinada a la industria el 50%, sin embargo, la papa para exportación a ganado mercado por las ventajas del precio, llegando a enviar a todas las entidades de la república. Durante el año 2018, el 76.5% de papa se sembró en el municipio de Galeana, lo que indica la existencia de condiciones agroclimáticas idóneas y redituables para la papa en la zona sur del estado (SIAP, 2019).

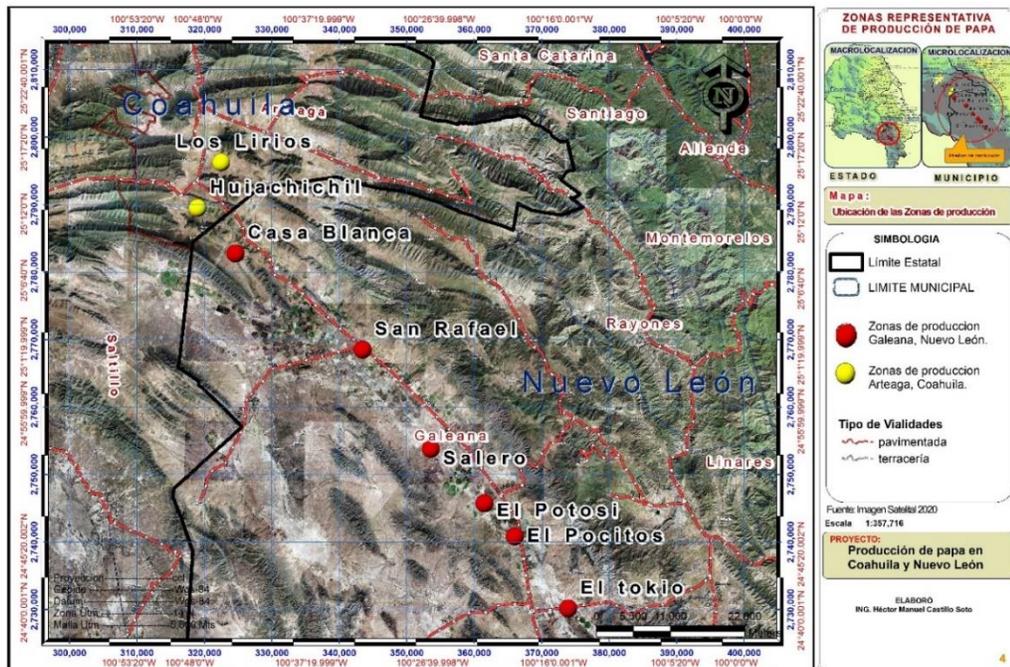


Figura 2.5. Puntos de producción de papa en Arteaga y Galeana.

2.10. Variedades más sembradas.

A lo largo y ancho del mundo, se han desarrollado un gran número de variedades o cultivares de papa, cultivadas en escala comercial. El mercado dispone de diferentes variedades en función de su precocidad y del destino de producción. La clasificación varietal se realiza según los caracteres: precocidad, parte aérea, tuberización, productividad, color y textura de piel, número de ojos, tamaño y forma del tubérculo, aptitudes culinaria, resistencia a plagas y enfermedades, (Nivap, 2011; Rassencatalogus, 2019).

En México las variedades más utilizadas para consumo fresco son: Alpha, Adora, Bintje, Cardinal, Diamante, Escord, Felsina, FL1867, Furore, Greta, Gigant, Mundial, Prevalent, Procura, entre otras. Las variedades más comunes para uso industrial son: Atlantic, FL1867, Fianna, Snowden, Lady Rosetta, entre otros (Luque, sin fecha y Soto, 2016).

En el sur de Coahuila y Nuevo León las variedades que se siembran son: Fianna, Agata, Ambra, FL1867, Fabula B y R, Vivaldi, Mondial, Gigant, Satinas, Cáesar, Lady Christl, Silvana, Adora, Felsina, Carlita, Herthas, Snowden, Minis, entre otras. Sin embargo en el 2019 las variedades más sembradas fueron Fianna (70%), Agata, Ambra y FL 1867 (30 %) en 4300 hectáreas (Experiencia de Héctor Manuel Castillo Soto, empresa Keswick SA de CV).

2.10.1. Fianna.

Origen: Holanda. Variedad semi tardía, follaje de cobertura media a alta, brote color azul, flor blanca, buen comportamiento a *Phytophthora infestans*, Sarna Común, Virus del Amarillamiento de las Nervaduras de la Papa (PLRV) y el Virus del Mosaico Severo (PVY) Tubérculo ovalado y alargado, calibre grande a muy grande de alto rendimiento, carne amarilla clara, piel amarilla, alta materia seca, para consumo fresco y chips (doble propósito).

2.10.2. Ágata.

Origen: BM 52.72 x Sirco. Variedad temprana, presenta altura mediana de tallos delgados sin pigmentación, hoja de color verde claro medio grandes y reducido número de inflorescencia, flor blanca, resistente a nematodo dorado y Virus del Mosaico Severo (PVY), pero susceptible a Tizón Tardío, Virus del Mosaico Latente (PVX) y Sarna común. Tubérculo oval, tamaño grande, baja materia seca, cascara amarilla, carne amarilla clara, calidad firme para consumo en fresco. <https://www.hzpc.com/potatoes-markets/potatoes>

2.10.3. Ambra.

Origen: Berber x Caesar. Variedad de maduración temprana, planta mediana, tallos semi-erguidos, hoja color verde oscuro, numerosas inflorescencias, coloración antocianica ligera. Tubérculos de alto rendimiento, tamaño grande, forma oval, piel amarilla lisa, carne amarilla, materia seca baja, calidad firme para consumo en fresco. <https://www.hzpc.com/potatoes-markets/potatoes>

2.10.4. FL. 1867

Variedad de maduración semi precoz, emergencia normal, buen desarrollo de la planta y de flor blanca; tubérculo de alto rendimiento, tamaño muy grande, forma ovalada, piel blanca, carne blanca amarilla, materia seca baja, sensible al golpe internos, buena resistencia a Sarna Común y calidad culinaria para chip y mesa <https://www.hzpc.com/potatoes-markets/potatoes>.

2.11. Preparación del terreno.

La preparación del terreno es una de las actividades esenciales en la producción de papa, el suelo debe que estar bien mullido, sin terrones y con los agregados de forma homogénea. Esto favorece la emergencia rápida, crecimiento uniforme de la planta, buen desarrollo radicular y formación de los tubérculos, proporciona drenaje y reduce los parásitos presentes en el suelo

(Moreno, 2007). Esto varía de acuerdo a la región, tipo de suelo y el cultivo anterior, la papa no soporta suelos muy compactos.

Luque (Sin fecha), menciona que para establecer el cultivo, se prepara el terreno con las siguientes labores: un subsuelo para penetrar a más profundidad de unos 35 a 45 cm, barbecho generalmente de 20 a 40 cm, rastrados o tres pasos (dependiendo del cultivo anterior), nivelación para un cursado y distribución de agua más uniforme, riego de pre siembra para sembrar sobre humedad.

Yáñez (2009), menciona para la siembra del cultivo de papa se debe considerar la importancia del control de plagas y enfermedades del suelo. Soto (2016), recomienda la aplicación de plaguicidas (Cuadro 2.7) en pre siembra o al momento de siembra, esto coincide con las recomendadas por la experiencia de Héctor Manuel Castillo Soto, empresa Keswick SA de CV.

Cuadro 2.7. Plaguicidas al suelo en pre siembra.

| Nombre comercial | Ingrediente activo | Dosis/Ha |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Pulsor | Thifluzamide | 3.0 Litros |
| Tiago 25 SC | Azoxistrobin | 3.0 Litros |
| Furadan | Benzofuranil | 5.0 Litros |
| Shogum | Fluazinam | 2.0 Litros |
| Sportak | Precloraz | 1.5 Litros |
| Regent | Fipronil | 0.3 Litros |
| Lexus | Fipronil | 750 ml |
| Lorbans 75 WG | Clorpirifos | 3.0 Kilogramos |
| Tecto 60 | Tiabendazol | 1.5 Kilogramos. |
| Prontius | Tiafanato de metilo | 3.0 Kilogramos |
| Clorver 50W | Methoxyfenozide | 5.0 Kilogramos |
| Legasus | Pyraclostrobin Metiram | 12.5 Kilogramos |
| Agrigent Plus 5000 | Gentamicina+oxitetraciclina | 160 gramos |

Fuente: Keswick SA de CV.

2.11.1. Interpretación del análisis de suelo.

El análisis de suelo es un factor importante a considerar para el establecimiento del cultivo, proporciona información sobre las propiedades físicas, químicas y hasta biológicas de suelo, ya que constituye una herramienta necesaria para un correcto manejo (Remy, 1985). Debido a la complejidad del

suelo, hay que distinguir y considerar la utilidad del suelo como aportación de la dosis correcta de los fertilizantes, evitar deficiencia entre nutrientes, aumentar la productividad y calidad de las cosechas y por ende aumentar la rentabilidad (Margarita, *et al.*, 2004).

Solís (2017), menciona que manejar un nivel de fertilización con una fórmula de 300-350-70 de Nitrógeno (N), Fósforo (K) y Potasio (P), el rendimiento de producción es de 35 toneladas/hectárea. Considerando los resultados del análisis, restando de la fórmula necesaria genera que para completar 283.8-64.6-219.2 con fuentes de fertilización como Nitrato de Amonio (33.5-00-00), Fosfato Monoamónico (12-61-00) y Sulfato de Potasio (00-00-50). Por hectárea requiere de 654.3 Kg de N de A, 538.36 Kg de FMA y 63.98 Kg de S de K. En base a experiencias de Héctor Castillo M. Castillo Soto, ha manejado el cultivo de papa, se anexan algunos análisis de los suelos con sus respectivas fórmulas de fertilización, los fertilizantes y la dosis por hectárea de 2014 al 2019 a productores de papa de Arteaga Coahuila y Galeana Nuevo León. En el apéndice se encuentran los Cuadros A.1, A.2, A.3, A.4 y A.5, que nos muestran los resultados nutrimentales de suelo de algunas regiones de Coahuila y Nuevo León.

2.12. Material de siembra

La semilla es el principal insumo, el éxito de la producción depende la calidad de la semilla, su almacenamiento, el reposo, número de brotes a sembrar; su elección se refleja en la sanidad, calidad y rendimiento del cultivo (Yáñez, 2009).

Cuando la semilla no está lista para sembrarse, para activar la brotación se puede usar un tratamiento con ácido giberélico a una dosis de 1 g por 200 litros por un tiempo de 5 minutos, se almacena para el inicio de brotación y poder sembrarse, también es usado el disulfuro de carbono a razón de 16 a 20 mililitros por tonelada (ml/t), se cubre con plástico negro y grueso por 72 horas, se almacena para la brotación (Luque, sin fecha).

Es importante hacer la desinfección de la semilla durante la siembra aplicando algún producto químico como, Furadan, Captan, Tecto, etc., para prevenir problemas en el suelo como son los hongos y otras enfermedades.

2.12.1. Siembra de la papa

La época de siembra del cultivo de papa se puede realizar casi todo el año, en diferentes ciclos agrícolas, (otoño-invierno y primavera-verano) pero depende de la región. Se recomienda que la siembra sea temprana con las variedades tardías, esto para asegurar una buena tuberización (Moreno, 2007). Para las regiones de Arteaga, Coahuila y Galeana, Nuevo León, las siembras son en los meses de marzo a mayo para asegurar buenos rendimientos (Yáñez, 2009).

La siembra puede ser manual, tirando la papa con personal; se inicia abriendo el surco y tirar fertilizante con una fertilizadora con rejas; enseguida se coloca personal para tirar la papa (semilla) y posteriormente tapan la semilla formando el bordo del surco, (Yáñez, 2009). Pero también está la siembra mecánica, que la mayoría de los productores utilizan para esta actividad, como en los lugares de Galeana y Arteaga siembran con una máquina. La Figura 2.6 muestra las dos formas de siembra.



Figura 2.6. Siembra manual y mecánica.

Yáñez (2009) menciona que para la determinación de fertilizantes es en base al resultado de análisis de suelo para determinar los fertilizantes y/o la materia orgánica que se va a utilizar (Cuadro 2.8) de pre siembra.

Cuadro 2.8. Fertilizantes en pre siembra.

| Fertilizantes | |
|--|---------------|
| Sulfato de amonio estándar | Blaukorn |
| Sulfato de amonio soluble | Sulfomag |
| Súper fosfato de Calcio simple estándar | Fosfonitrato |
| Súper fosfato de Calcio simple granulado | Kelatex Multi |
| Sulfato de Magnesio | Gallinaza |
| Nitrato de Potasio granulado | Composta |
| MAP 11-52-00 | H85 |

Fuente: Keswick SA de CV.

2.12.2. Densidad de siembra.

Depende de la categoría de la papa, se recomienda la segunda y tercera, en peso sea de 50 a 100 gramos. La papa de categoría segunda de 4.5 a 5 t/Ha, tercera se recomienda entre 3.5 a 4 t/Ha; en cuanto al número de yemas lo ideal es de 4 a 6 brotes con una separación de tubérculos de 25 a 30 cm, enterrándolos a una profundidad de 15 a 18 cm en los surcos. La densidad de población depende del objetivo de la producción y del mercado, ya que puede variar desde 55 mil a 66 mil tubérculos por hectárea (Luque, sin fecha).

2.13. Manejo del cultivo.

La revisión de humedad, enraizamiento y brotación se supervisa entre los 15 días después de la siembra, debe tener poca compactación y buena humedad en el suelo para que los brotes puedan germinar, la raíz se extienda y crezca lo suficiente para que empiece a trabajar y absorba los nutrientes necesarios para la planta. Es muy importante revisar la raíz y los brotes para prevenir daños por plagas o enfermedad en el suelo, que inhiba su crecimiento (Yáñez, 2009).

2.13.1. Labores culturales.

Después de la siembra es recomendable levantar bien el surco, esto con el fin de obtener varios objetivos, a continuación se describen algunos de ellos:

Formación de una buena cama del surco; para que los tubérculos tengan amplio rango de desarrollo y no dañe la tuberización de la planta. Se realiza en un máximo de 25 días después de la emergencia.

Levantamiento de la cama del surco; se efectúa en dos partes. Primero, antes de que se cierre el follaje para evitar la exposición del tubérculo al sol. Segundo, cuando se desvara el cultivo antes de la cosecha para proteger la producción de la palomilla de la papa.

2.14. Condiciones del agua en el riego.

Los riegos juegan un papel importante para el buen desarrollo de la planta y están definidos en base a la necesidad de la misma, este lo determina las condiciones climatológicas del lugar, es decir, que en una zona con precipitaciones suficientes será menor el número de riego pero si no hay es necesario estar checando físicamente la humedad del suelo, (Yáñez, 2009).

Generalmente se recomiendan de 2 a 3 riegos por semana con una lámina de riego de 3 a 3.5 mm/Ha/día, lo equivale a aplicar de 30 a 35 m³/Ha/día y dependiendo de las condiciones ambientales, el uso consultivo puede variar, en días fríos se reduce la lámina de riego, mientras que en días calurosos esta puede aumentar

El uso óptimo de agua en la papa es muy importante para buenas cosechas, requiriendo entre los 600 a 1 000 mm por ciclo del cultivo. Las mayores demandas son en la etapa de germinación y crecimiento del tubérculo, lo que es necesario efectuar riegos secundarios en periodos más críticos del cultivo. Después de la mitad del ciclo la falta de agua repercute en el desarrollo y crecimiento de los tubérculos. Al tener un sistema de raíces poco profundas,

favorece el uso de sistemas de riego localizado que suministren el agua perdido por evapotranspiración (Intagri, 2017).

En un cultivo, la calidad de agua es un aspecto crucial que repercute en el crecimiento y desarrollo del mismo. Actualmente el agua utilizada en el cultivo de papa debe ser analizada con la finalidad de prevenir algunos inconvenientes presentes tanto en el suelo como el cultivo por el uso de agua de mala calidad, principalmente la destinada al riego y la fertirrigación, (Intagri, 2017).

Las aguas utilizadas en el riego contienen diversos tipos de sales en concentraciones variables que determinan su calidad. Una alta concentración de sales, reduce el líquido disponible en el suelo para los cultivos, esto genera un estrés fisiológico por deshidratación a la planta que afecta negativamente su crecimiento y su desarrollo, (Chirinos, 2001). El agua dura, presenta elevada concentración de sales, en contraste con el agua blanda. Esto implica riesgo de precipitados y taponamientos del sistema de riego (Ruiz, 2017).

2.14.1. Interpretación del Análisis de agua.

Es esencial realizar un análisis de agua, para determinar la calidad de ella, donde se analiza: las cantidades de sales totales disueltas, concentración de calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, boro, variables como el pH y la relación de adsorción de sodio (RAS). El cultivo de papa es moderadamente sensible a la salinidad con una CE de 1.7 dS/m (Intagri, 2017). La finalidad es determinar la calidad de está para el riego, la tolerancia del cultivo y establecer la calidad para la fertirrigación. (Cuadros A.6, son resultados de los análisis de agua en algunas zonas productoras de Coahuila y Nuevo León).

2.14.2. Ácidos para mejorar la calidad de agua.

Según Intagri (2017), para elegir el ácido a utilizar para corregir la acidez del agua, se debe considerar la seguridad, su fácil uso, costos y aporte nutricionales; el cual se mencionan a continuación:

- a) **Ácido nítrico:** Este ácido se usa como materia prima para la producción de fertilizantes nitrogenados. También se usa para disminuir el pH del agua, al agregarlo a este medio se disocia en forma de nitratos (NO_3^-) e hidrógenos. Esta reacción cumple dos funciones: por la acción del H^+ como acidificante, mientras que los NO_3^- liberados son absorbidos por los cultivos.
- b) **Ácido fosfórico:** Se emplea para la acidificación del agua y también como fuente de fósforo. Al ser fuente de fósforo, el aporte de este nutriente por el ácido se debe considerar en el cálculo del programa de nutrición.
- c) **Ácido sulfúrico:** Este ácido se disocia fácilmente en iones de hidrógeno e iones de sulfato, donde los H^+ le confieren el poder neutralizante. Aunque es un compuesto altamente corrosivo, es de los ácidos más utilizados para disminuir la alcalinidad del agua para uso agrícola, por ser económico.

2.15. Sistemas de riego en el cultivo de papa.

Actualmente existen numerosos sistemas de riego y que cualquiera es válido para el cultivo de la papa; puede ser por el sistema de pivote central, Side roll, micro aspersión y por goteo. La elección del equipo de fertirrigación se debe considerar condiciones de la región, los requerimientos del cultivo y la capacidad del sistema de riego (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

2.15.1. Pivote central.

El sistema de riego de pivote central recibe su nombre por su forma circular alrededor de un punto central y es calificado como el instrumento más significativo en la agricultura. Su capacidad para regar distribuir fertilizantes y herbicidas, tanto en terrenos llanos como en terrenos ondulados ha cambiado la visión de la agricultura en climas áridos incluso en los años secos (Yáñez, 2009). El riego por aspersión es el método más seguro y práctico para la producción de papas a gran escala (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

2.15.2. Side roll.

Simula la lluvia de manera uniforme sobre una cierta superficie, con la intensidad que el agua infiltre en el mismo sitio que cae y se dosifica con una buena precisión. El riego por aspersion por Side Roll es la manera ideal de producir cosechas y a la vez conservar los recursos valiosos y escasos de agua (González, 2015).

2.15.3. Micro aspersion.

El agua es proyectada en forma de lluvia fina, con el fin de cubrir el terreno a través del aire con una presión de trabajo bajo. El sistema de riego por micro aspersion es de las más relevantes para la producción de cultivos como la papa.

2.15.4. Por goteo.

Los riegos más cortos y frecuentes, esto evita el estrés hídrico de la planta. Los sistemas de riego por aspersion y goteo, presentan las ventajas del ahorro de agua y el fertirriego, mejora el control de plagas, protección contra heladas y ser un sistema inclusivo para los pequeños productores a obtener mejores rendimiento (Eju, 2016). En el sistema de riego por goteo se realizaron riegos más cortos y frecuentes que en aspersion, manteniendo un nivel de humedad constante, que evitó el estrés hídrico de la planta (El riego por goteo en cultivo de papa industrial) <https://www.papachile.cl/informacion-tecnica-el-riego-por-goteo-en-cultivo-de-papa-industrial/>

2.16. Nutrición del cultivo.

La nutrición en el cultivo de papa influye directamente en la producción y en el rendimiento del tubérculo. Se determina por la disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento y desarrollo de la planta, así mismo por la disponibilidad de agua. Una mala nutrición favorece el inicio y desarrollo de las enfermedades, generando susceptibilidad del hospedero sobre el patógeno.

Beaufils (1973), menciona la importancia de cada elemento en el cultivo, conocer la deficiencia o el exceso de cada uno es necesario. Para esto desarrollo el método denominado Sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS), un diagnóstico simple y rápido pero muy completo que clasifica en orden de importancia los nutrientes que requiere la planta, considerando su interacción, el balance nutricional, detecta deficiencias y excesos en cualquier etapa de desarrollo de la planta.

García, (2002), elaboró el programa Índices DRIS, para el cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León, facilitando el cálculo de índices de 10 nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B). Sin embargo, los últimos años, el desarrollo y avance de la tecnología, permite que sea más eficiente la manera de conocer las deficiencias o exceso de cada mineral mediante análisis foliares.

Bertsch (2003), reporta que este cultivo absorbe 220, 20, 240, 60 y 20 Kg/Ha de N, P, K, Ca, y Mg, respectivamente, para una producción de 20 t/Ha, lo que evidencia los altos requerimientos nutricionales que presenta el cultivo.

López (2008), sostiene que la deficiencia de algunos nutrientes esenciales para la planta de papa se relaciona con la incidencia y severidad del punto de marchitez permanente (PMP) que se presentaron es este año, en la región de Coahuila y Nuevo León en 2005.

2.16.1. Macronutrientes.

Ierna *et al.*, (2011), mencionan que en el cultivo de papa para obtener una buena producción en términos de cantidad y calidad, los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), son aplicados cuando las reservas del suelo son limitadas. Además debe acoplarse con sus demandas, debido a ello, es esencial conocer las curvas de absorción nutrimental, (Bertsch, 2003).

2.16.1.1. Nitrógeno (N).

Una concentración óptima de N en la planta, manifiesta un crecimiento vigoroso, mayor calidad de clorofila, con un color verde intenso en la masa

foliar, mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos, esencial para la producción de aminoácidos, proteínas y hormonas de crecimiento.

La falta de N, se tienen plantas achaparradas, débiles, erectas, cloróticas, hojas verde pálido, las inferiores amarillas y secas, las venas permanecen más tiempo verde, y una planta susceptible a patógenos como *Verticillium* y *Alternaría solani*. Un exceso de N, disminuye la concentración de lignina, sustancia de defensa de la planta contra el ataque de plagas y enfermedades e inducir un micro clima para el desarrollo de la enfermedad.

2.16.1.2. Fosforo (P).

Una buena cantidad de P se refleja por un mayor desarrollo y crecimiento general de la planta, acelera la floración y proporciona a las plantas mayor resistencia a enfermedades. Es de mayor importancia durante el crecimiento inicial y al final de la tuberización.

La deficiencia de este elemento genera plantas pequeñas de tallos, hojas y ramas de color purpura; crecimiento pobre de raíces y tallos, por ende una reducción en el rendimiento.

2.16.1.3. Potasio (K).

El K, es el elemento de la reproducción y floración, provee crecimiento y vigor de la planta (calidad), síntesis de los azúcares y almidón, buen desarrollo de órganos de la planta, buena resistencia al frío y a las enfermedades.

La deficiencia de K reduce la translocación de fotosintatos, sin afectar seriamente la fotosíntesis, en ocasiones puede ocurrir una acumulación de carbohidratos solubles (azúcares) y disminuir la producción de almidón. La planta presenta, bajo rendimiento, hojas viejas, moteadas con puntos verde pálido, necróticos, con márgenes y puntas quemadas; sistema radical y tallos débiles, estolones cortos y baja resistencia a patógenos causantes de enfermedades.

2.16.1.4. Calcio (Ca).

El Ca, ayuda a mantener la integridad, permeabilidad de la membrana celular y es constituyente de las paredes celulares, importante en la resistencia de las plantas contra el ataque de plagas y enfermedades provocadas principalmente por hongos y bacterias.

La deficiencia de Ca genera achaparramiento y necrosis en los puntos de crecimiento, los tubérculos presentan una necrosis difusa en el anillo vascular cerca de la inserción del estolón y puede desarrollar susceptibilidad al ataque de patógenos que pueden causar pudriciones apicales. El exceso de Ca, se encuentra generalmente relacionada con suelos alcalinos, como los suelos de valle de navidad que son muy ricos en carbonatos de calcio, lo que explicaría la calidad de papas de esta región; pero este en exceso puede inducir deficiencias de Fe, Mn, Cu, y Zn.

2.16.1.5. Magnesio (Mg).

Este elemento forma parte de la molécula de clorofila y sirve como cofactor de la mayoría de las enzimas que activa los procesos de fosforilación, participa en la síntesis de ARN y proteínas. Es necesario en la formación de carbohidratos, ayuda a regular la asimilación de K y Ca. Actúa como transporte de P en la planta. Una buena nutrición de Mg disminuye la incidencia de enfermedades causadas por *Fusarium* y *Alternaria*.

Una deficiencia de Mg inhibe la síntesis de proteínas y un exceso de Mg bloquea la asimilación de Ca y K.

2.16.1.6. Azufre (S).

Elemento poco móvil dentro de la célula, forma parte la constitución a aminoácidos, enzimas, carbohidratos y lípidos e interviene en los mecanismos de óxido-reducción de las células.

La deficiencia de azufre manifiesta, amarillamiento de hojas jóvenes incluyendo las nervaduras, los tallos se tornan más leñosos y el desarrollo de raíces es pobre.

2.16.2. Micronutrientes.

Kirkby y Römheld (2007), menciona que los micronutrientes son vitales en el proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas, están estrechamente relacionadas con los macronutrientes para llevar a cabo sus funciones, por eso la importancia de conocer la función de cada uno. El aplicar micronutrientes aunque se necesite en pequeñas cantidades, asegura una buena producción.

2.16.2.1. Boro (B).

Del 100% del boro en la planta se ha encontrado un 50% en la pared celular. Mantiene la integridad de la membrana plasmática, ya que en tejidos deficientes de boro la actividad de la enzima ATPasa, ligada a la membrana plasmática y a la tasa de absorción de iones, disminuye significativamente.

La deficiencia de B manifiesta, reducción del crecimiento, hojas jóvenes deformes (rizadas), gruesas, quebradizas, pequeñas y curvadas hacia adentro; tallos más gruesos, fibrosos, agrietados y frágiles. Aparición de superficie escamosa y zonas acorchadas en tubérculos, raíces delgadas y débiles con puntas necróticas.

2.16.2.2. Hierro (Fe).

Este elemento tiene poca movilidad en el suelo y la planta, es requerida para la síntesis de clorofilas para la reacción de fotosíntesis y de proteínas en regiones meristemáticas.

Una deficiencia de Fe, se produce desequilibrio de los minerales molibdeno, cobre y manganeso, desencadenando un exceso de P en el suelo. Además produce clorosis a las hojas jóvenes de la planta en crecimiento. El

exceso de este elemento, manifiesta un bronceado de las hojas y puede inducir deficiencia de otros elementos menores.

2.16.2.3. Manganeso (Mn).

Este elemento tiene baja movilidad en el suelo y en tejidos vegetales; juega un papel directo y primario en la fotosíntesis al participar en la síntesis de la clorofila, actúa como activador de algunas enzimas respiratorias y de reacciones del metabolismo del N, aumenta el aprovechamiento de P, Ca, y Mg.

La deficiencia de Mn reduce el contenido de la clorofila, niveles bajos de fenoles solubles, sustancias que desempeñan un importante papel en la defensa química de las plantas e influye de forma negativa su capacidad defensiva. Un exceso de Mn puede ocasionar puntos cafés rodeados de un círculo clorótico en hojas viejas y puede originar deficiencias de otros elementos menores.

2.16.2.4. Zinc (Zn).

El Zn se requiere para la producción de sustancias reguladoras del crecimiento (hormonas) y es un catalizador de las reacciones de oxidación en las plantas. En la formación de clorofila y en la actividad fotosintética. Presente en la síntesis de auxinas, elongación de las células y su crecimiento, en la respiración y regulación de enzimas; requiriendo en el cultivo durante todo el ciclo del cultivo.

La deficiencia de Zn, las hojas muestran clorosis intervenal y muestran pigmentaciones púrpuras. El exceso de Zn puede ocasionar deficiencias de otros elementos menores, particularmente de Fe.

2.16.2.5. Cobre (Cu).

El Cu participa en la síntesis de lignina, es cofactor de la síntesis de ácido nucleicos, carbohidratos y desempeña funciones exclusivamente

catalíticas en las plantas, siendo parte de varias enzimas y transportador de electrones en la fotosíntesis.

Cuando existe deficiencia produce acumulación de almidón en las células y causa necrosis en las hojas dándole una apariencia marchita. El exceso de Cu genera, clorosis y crecimiento reducido de las raíces. Concentraciones elevadas ocasiona una toxicidad selectiva frente a muchos patógenos al actuar como fungicida, especialmente durante la fase de infección.

2.16.2.6. Molibdeno (Mo).

Este elemento es de movilidad media y funciona como cofactor en las enzimas y participa en la síntesis de proteínas.

Su deficiencia muestra un punteado intervenal, la clorosis marginal de las hojas más viejas que conforme progresa se vuelve necrótica así como enrollamiento hacia arriba de los márgenes de las hojas.

2.16.2.7. Cloro (Cl).

El cloro es un micro elemento esencial, participa en la molécula de agua durante la fotosíntesis. Es móvil en el suelo y poco móvil en la planta compite con otros aniones nitratos y sulfatos.

2.17. Efectos de interacción iónica en la absorción de nutrientes.

Todos los nutrientes son importantes y están interrelacionados para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, sin embargo, es necesario que su proceso de absorción, asimilación y transporte en sus formas iónicas por las plantas sean explicados como si fueran procesos independientes. La competencia entre nutrientes es influenciada por las propiedades del transportador y la concentración de los iones en la solución; por lo tanto, las interacciones que se dan entre los iones de los nutrientes pueden ser antagonicas o sinérgicas (Cuadro 2.9).

2.17.1. Antagonismos/Sinergismos.

El antagonismo entre los nutrientes ocurre por las interacciones entre iones con propiedades fisicoquímicas similares como es la valencia y/o el diámetro del ion. La competencia que se da entre los iones puede darse por la entrada a un mismo canal proteico o por la unión a una proteína transportadora. El sinergismo entre los nutrientes se produce generalmente cuando estos tiene diferente valencia sobre todo con nutrientes catiónicos que están relacionados con la absorción del ion nitrato, se muestra la interacción en el Cuadro 2.9 (Cakmak, 2015).

Cuadro 2.9. Interacción entre iones de los nutrientes causando antagonismo y sinergismo.

| Antagonismos | Sinergismos |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Amonio/Potasio | Cobre/Nitrógeno |
| Cloro/Nitrato | Potasio/Fosforo |
| Manganeso/Magnesio | Potasio/Nitrógeno |
| Aluminio/Calcio/Magnesio | Azufre/Nitrógeno |
| Cobre/Nitrógeno | Nitrógeno-Fosforo-Potasio/Zinc |
| Fosforo/Zinc | Boro y la absorción de nutrientes |

Fuente: Cakmak, 2015.

2.18. Fertilización en la papa.

La fertilización tiene la función de suministrar nutrientes a los cultivos que no son aportados de manera natural por el suelo.

López (2008), menciona que la dosis óptima de fertilización de papa en la región de Coahuila y Nuevo León, es de 150- 100-150/Ha, sin embargo se ha elevado a 350-250-300, cuyas aplicaciones son semanalmente, provocando un exceso de fertilización, con el riego constante que se hace con el pivote central lava el fertilizante lixiviado hacia las partes más profundas del suelo, motivo por el cual no se manifiesta el exceso, al contrario hay deficiencias en la planta al no absorberse dichos elementos por algún desbalance nutricional de la planta.

Pérez (2012), sostiene que las dosis de fertilización de fondo recomendadas por hectárea son de 80 Kg de Nitrógeno, 70-100 kg de Fosforo

(P_2O_5) y 200-300 Kg de Potasio (K_2O), es necesario realizar un análisis de suelo para determinar con exactitud el contenido nutricional de este, así la correcta aportación con los fuentes fertilizantes que proveen de los elementos faltantes para una mejor producción.

El manejo tradicional del cultivo de papa es cada vez menos funcional debido a la alta variabilidad climática en las zonas productoras del noroeste de México, provocando aplicaciones excesivas de insumos, contaminación y baja rentabilidad (Sifuentes, *et al.*, 2013).

2.18.1. Fertirriego.

La fertirrigación o fertirriego es la práctica de aplicar fertilizantes a los cultivos por vía del agua de riego, es una técnica agrícola moderna que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos y a la vez reducir el problema ambiental, al incrementar la eficiencia de uso de los fertilizantes, minimizar la aplicación de estos y aumentar los beneficios económicos y la concentración de los fertilizantes aplicados son fácilmente controlados (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

Romo (2018), menciona que los sistemas de fertirriego cada vez cobran importancia como herramienta para lograr los resultados esperados por los productores, dada su función primordial de aplicación oportuna, eficiente y uniforme de agua y nutrimentos al cultivo esto para que brinden las condiciones apropiadas y así las plantas puedan expresar su máximo potencial productivo.

2.18.2. Fertilizantes para el fertirriego.

Un amplio rango de fertilizantes, tanto sólidos como líquidos (Cuadro 2.10), para la fertirrigación, depende de las propiedades fisicoquímicas de la solución fertilizante. Para operación de gran escala a campo. Las fuentes de fertilizantes sólidos son una alternativa menos cara que las formulaciones líquidas. Para esto se debe considerarse cuatro factores principales al elegir fertilizantes para fertirrigación, tipo de cultivo y estadio de crecimiento,

condiciones de suelo, calidad de agua, disponibilidad y precio del fertilizante (Kafkafi, 2005).

Para las aplicaciones es necesario contar con un inyector para poder suministrar los productos en el riego, para ello se debe calibrar la cantidad de producto por aplicación, considerando el tiempo en que se inyecta el tonel y la velocidad con que se maneja el sistema de riego (Yáñez, 2019).

Cuadro 2.10. Fertilizantes para el fertirriego

| Fertilizante | Grado | Fertilizante | Grado |
|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| Urea | 46-00-00 | Novatec S. | 14-48-00 |
| Fosfonitrato | 33-03-00 | Solub 21 | 21-00-00,S (24%) |
| MAP Tecnico | 12-61-00 | Solub 45 | 45-00-00 |
| Nitrato de Mg. | 11-00-00-9.6 | Fertigro | 8-24-00 |
| Nitrato de calcio | 15.5-00-00-19 | Fertigro N | 25-00-00 |
| Nitrato de Potasio | 12-00-46 | Fertigro K | 00-00-50 |
| F. Monopotásico | 00-52-34 | Triple 18 | 18-18-18 + M.E |
| S. de Amonio | 20.5-00-S, (24.4%) | Triple 19 | 19-19-19 + M.E |
| Sulfato de K | 00-00-50-S, (18%) | Hakaphos | 13-02-44 + M.E |
| Sulfato de Mg | Mg (9.5%) S,(13.07) | H. Base | 7-12-40 + M.E |
| Cloruro de K* Cond. | 00-00-60 | | |

Fuente: Keswick SA de CV.

Es importante conocer y determinar la compatibilidad (Figura 2.7) de los fertilizantes, permite tomar decisiones acertadas al momento de preparar las mezclas y así evitar problemas de taponamiento y desbalance nutricional en el cultivo, también se genera un ahorro en costos de mantenimiento del sistema de riego y uso eficiente de los fertilizantes (www.intagri.com/biblioteca).

| FERTILIZANTES | Urea | Nitrato de Amonio | Sulfato de amonio | Nitrato de Calcio | Nitrato de magnesio | Fosfato monoamónico | Fosfato monopotásico | Nitrato de potasio | Sulfato de potasio | Cloruro de potasio | Ácido fosfórico | Ácido nítrico | Ácido sulfúrico | Sulfatos Fe, Cu, Mn, Zn | Quelatos |
|-------------------------|------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------------|----------|
| Nitrato de Amonio | C | I | | | | | | | | | | | | | |
| Sulfato de amonio | I | C | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrato de Calcio | C | | I | | | | | | | | | | | | |
| Nitrato de magnesio | C | C | C | C | | | | | | | | | | | |
| Fosfato monoamónico | C | C | C | I | I | | | | | | | | | | |
| Fosfato monopotásico | C | C | C | I | I | C | | | | | | | | | |
| Nitrato de potasio | C | C | R | C | C | C | C | | | | | | | | |
| Sulfato de potasio | C | C | R | I | I | C | C | C | | | | | | | |
| Cloruro de potasio | C | C | C | I | C | C | C | C | R | | | | | | |
| Ácido fosfórico | C | C | C | I | I | C | C | C | C | C | | | | | |
| Ácido nítrico | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | | | |
| Ácido sulfúrico | C | C | C | I | I | C | C | R | C | C | C | C | | | |
| Sulfatos Fe, Cu, Mn, Zn | C | C | C | I | I | I | C | C | R | C | C | C | C | | |
| Quelatos | C | C | C | R | R | R | C | C | C | C | R | I | C | C | |
| Sulfato de Magnesio | C | C | C | I | I | I | C | C | R | C | C | C | C | C | C |

C: Compatible, R: Se reduce la solubilidad, I: Incompatible.

Figura 2.7 Compatibilidad de los fertilizantes.

2.19. Importancia de la fertilización foliar

La fertilización foliar es una práctica importante para el manejo sostenible y productivo de los cultivos, además de su importancia comercial en todo el mundo. Los nutrientes son aplicados por aspersion sobre la superficie de las hojas. Esta técnica no sustituye la fertilización tradicional al suelo, más bien la complementa, pues permite abastecer a las plantas de nutrientes que no puede conseguir de la fertilización edáfica, para ello la consideración de los factores (solubilidad, carga eléctrica, pH del fertilizante, Humedad Relativa, temperatura, luz, etc.) es primordial para la eficiencia de la fertilización (Fernández, 2013).

La fertilización foliar es una práctica efectiva para la corrección de deficiencias nutricionales en plantas que se encuentran bajo condiciones de estrés o en suelos con baja disponibilidad de nutrientes. Consiste en aplicar disoluciones de nutrientes directamente sobre las hojas. Con el objetivo de maximizar la eficiencia del proceso de absorción de nutrientes a nivel foliar, es necesario considerar las características físico-químicas de los fertilizantes a utilizar, de tal forma que se favorezca la penetración de estos a través de la hoja. Existen nuevas formulaciones y fuentes de fertilizantes con mayores eficiencias de absorción, que se muestran el Cuadro 2.11, (Murillo, *et al.*, 2013).

Cuadro 2.11. Fertilizantes foliares.

| Fertilizante | Grado |
|---------------------|-----------------|
| Basfoliar K | Kelatex Fe |
| Basfoliar Mg | Kelatex Zn |
| Basfoliar Zn | Basfoliar Kelp |
| Basafer Ps | Maxi Grow |
| Fetrilon Combi | Aminocel |
| Trazex | Basfoliar Amins |

Fuente: Keswick SA de CV.

2.20. Maleza

Durante el ciclo de producción de la papa es común la presencia de malezas, que son las causantes del rendimiento del cultivo se vea afectado, ya que compiten por luz, nutrientes, agua y espacio. Además de albergar insectos y enfermedades que atacan las papas. Pueden tener un impacto perjudicial sobre el rendimiento de los tubérculos comparado con aquellos tubérculos en condiciones sin maleza (Solís, 2017). Algunas malezas en el cultivo son: Trébol (*Melilotus albus Lam*), Correhuela (*Ipomoea purpurea*), Quelite (*Amaranthus hybridus L*), Alfilerillo (*Erodium cicutarium L.*), Nabo silvestre (*Eruca sativa Mill*), Mostacilla (*Descurainia pinnata Walt*), Zacate de agua (*Agrostis semiverticillata Forsk*).

2.20.1. Control

Un control de malezas recomendable es la realización de deshierbe, después de cada escarda ya sea de manera manual o mecánica raspando entre las hileras de las plantas, (Yáñez, 2009).

Soto (2016), menciona que la eliminación de maleza es con azadones después de los 30 a 40 días de siembra y la segunda a los 30 días de la primera, y al mismo tiempo la realización del aporque. El control químico (Cuadro 2.12), mediante la aplicación de herbicidas, preventivos o selectivos.

Los herbicidas actúan en la capa superficial del terreno donde son absorbidos por las raíces de las malas hierbas, sin afectar a la papa, puesto

que, al ser sembrada a mayor profundidad, su sistema radicular se encuentra exento.

Cuadro 2.12. Herbicidas para control de malezas.

| Nombre Comercial | Ingrediente Activo | Control | Malezas |
|-------------------------|---------------------------|----------------------|--|
| Eptam | EPTC | Pre-emergente | Graminaceae y unas malezas de hojas ancha. |
| Sencor | Metribuzin | Pre y Post emergente | Graminaceae y malezas de hoja ancha. |
| Treflan | Trifluralin | Pre-emergente | Graminaceae y unas malezas de hojas ancha. |
| Dual | Metolachlor | Pre-emergente | Graminaceae y unas malezas de hojas ancha. |
| Prowl | Pendimethalin | Pre-emergente | Graminaceae y unas malezas de hojas ancha. |
| Poast | Sethoxydin | Post-emergente | Graminaceae |
| Roundup | Glifosato | Pre-emergente | Toda las malezas |

Fuente: Soto, 2016.

2.21. Plagas y enfermedades del cultivo

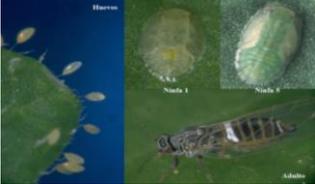
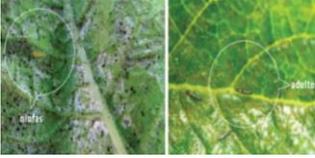
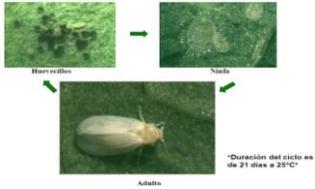
En México año con año resulta más difícil para los agricultores la producción de papa, es inevitable el uso de plaguicidas por la presencia de innumerables plagas y enfermedades, esto ocasiona que el productor no escatime en realizar aplicaciones intensivas para no arriesgar su inversión y obtener una mala cosecha, el uso constante de insecticidas y fungicidas se hace común dentro de las zonas de producción intensiva.

Se está generando conciencia y encaminando el control fitosanitario hacia un manejo integrado, donde se toma en cuenta todos los factores que interviene en el desarrollo de los patógenos, uso de variedad certificada, una buena nutrición, buenas prácticas agrícolas, programaciones oportunas de siembra y cosecha, rotación de cultivos, evitar llegar los umbrales de daño económico ayudan a mantener las poblaciones en equilibrio, según Castro (2011). El cultivo de papa es susceptible a una serie de enfermedades que afectan la productividad y reducción de calidad de los tubérculos (FAO, 2009).

2.21.1. Plagas

En el Cuadro 2.13, se describen las plagas más importantes del cultivo, las cuales ocasionan pérdidas importantes en la producción de papa, obtenida de (Pérez y Forbes, 2011; Montesdeoca, *et al.*, 2013; Solís, 2017).

Cuadro 2.13. Síntomas y lugar de ataque de las plagas en el cultivo de papa.

| Nombre Común | Nombre Científico | Síntomas y lugar de ataque |
|--|---|---|
| <p>Paratrioza</p>  | <p><i>Bactericera cockerelli sulc.</i></p> | <p>Las plantas son amarillentas, raquílicas, deformación de hojas y aborto de flores. Succionan la savia de las hojas, es el principal vector que asociado con fitoplasmas, virus, enfermedades que causa la Punta Morada de la Papa.</p> |
| <p>Trips</p>  | <p><i>Franklinella spp</i></p> | <p>Manchas plateadas en las hojas, después un secado y al final la muerte de las plantas. En la etapa vegetativa de la planta, en el envés de la hoja succiona la savia.</p> |
| <p>Pulgón Verde</p>  | <p><i>Myzus persicae, Nacosiphum euphorbiae</i></p> | <p>Se alimentan de la savia de las hojas y son vectores de virus. Aparecen desde emergencia hasta almacenamiento, en brotes, tallos, hojas y flores.</p> |
| <p>Mosca blanca</p>  | <p><i>Bemisia tabaci, Trialeurodes vaporariorum</i></p> | <p>Chupan la savia generando el amarillamiento, debilitamiento y moteado de las hojas, además la contaminación de hojas y frutos por el líquido meloso desarrollando fumagina.</p> |
| <p>Mosca minador</p>  | <p><i>Liriomyza huidobrensis</i></p> | <p>Hacen túneles sobre las hojas a lo largo de las nervaduras, estas se secan y puede morir la planta. Los adultos se presentan desde la prefloración hasta floración y las larvas desde la floración hasta la cosecha.</p> |

| | | |
|--|---|--|
| <p>Escarabajo de la papa</p>  | <p><i>Leptinotarsa decemlineata</i></p> | <p>Defoliación de la planta y paralizan el desarrollo de tubérculos. Tanto las larvas y como los adultos atacan a las hojas, brotes y los tallos tiernos.</p> |
| <p>Palomilla de la papa</p>  | <p><i>Phthorimaea operculella.</i></p> | <p>Desecamiento de las hojas, debilitamiento y quiebre de tallos. Larvas barrenan follaje y tallo, los adultos en tubérculos depositan sus huevos sobre las yemas.</p> |
| <p>Gallina ciega</p>  | <p><i>Phyllophaga sp</i></p> | <p>Unas manchas amarillas en el cultivo, hay crecimiento raquítico si es severo la muerte total de la planta. Principalmente ataca la semilla haciendo orificios profundos, curvos y los tallos de la planta.</p> |
| <p>Pulga saltona</p>  | <p><i>Epitrix spp</i></p> | <p>Desarrollo retrasado en las plantas pequeñas, en plantas adultas cicatrices redondas en el haz de las hojas. Larvas atacan raíces, estolones y tubérculos. Adultos en folíolos no abiertos y brotes realizando perforaciones.</p> |
| <p>Cigarrita verde</p>  | <p><i>Emposca spp</i></p> | <p>Hojas amarillas por los lados. Muy dañino en la fase inicial. Cuando está succionado la savia de la hoja inyecta toxina y transmite microplasma de escoba de bruja.</p> |
| <p>Gusano de alambre</p>  | <p><i>Agrotis spp</i></p> | <p>Área de manchones en el cultivo, las larvas barrenan raíz, tallo afectado los tejidos conductores y el vigor de la planta. En Suberización hacen túneles dentro del tubérculo o heridas que al cicatrizar afecta la calidad.</p> |

Fuente: Pérez y Forbes, 2011; Montesdeoca, *et al.*, 2013; Solís, 2017.

2.21.2. Nematodos.

Los nematodos son organismos invertebrados, cilíndricos, hialinos y microscópicos, de cuerpo transparente, filiforme y aguzado en ambos extremos. Carecen de segmentos y apéndices y están cubiertos por una cutícula de

consistencia blanda que le permite flexibilidad de movimientos. Poseen un estilete, que actúa como aguja hipodérmica que perforan los tejidos vegetales y succionan el contenido celular (Cepeda, 1996). En el Cuadro 2.14, se mencionan algunas que afectan al cultivo de papa (Montesdeoca, *et al.*, 2013; Solís, 2017).

Cuadro 2.14. Descripción de las especies de nematodos en el cultivo de papa.

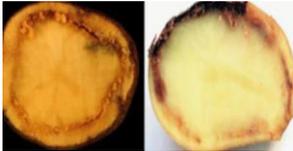
| Nombre Común | Nombre Científico | Descripción |
|---|---------------------------------------|--|
| <p>Nematodo Dorado de Papa</p>  | <p><i>Globodera rostochiensis</i></p> | <p>En las raíces y en las papas se observan bolitas color crema del tamaño de un grano de azúcar (quiste), las plantas atacadas se quedan pequeñas y no rinden. La infestación de este nematodo es por semilla infestada, suelo, agua de riego, equipos de trabajo ya que se puede presentar desde la emergencia hasta la cosecha.</p> |
| <p>Nematodo del Nódulo de la Raíz</p>  | <p><i>Meloidogyne ssp</i></p> | <p>Nematodo agallador que ocasiona dos tipos de daños al cultivo; daños directos e indirectos. Los tubérculos infectados desarrollan agallas o nódulos con apariencia de verrugas y en las plantas genera marchitez, clorosis, enanismo, ausencia de vigor y reducción de rendimiento.</p> |

Fuente: Montesdeoca, *et al.*, 2013; Solís, 2017.

2.21.3. Enfermedades bacterianas.

Flores, *et al.*, (2004), menciona que la importancia económica de las enfermedades bacterianas varía de una región a otra dependiendo de las condiciones ambientales que prevalecen, además, el impacto económico de los cultivos varía de una localidad a otra. Las pérdidas económicas por estos patógenos se reflejan en una disminución en la producción y en altas inversiones en la calidad y cantidad de productos agrícolas, también daños en post cosecha a causa de las pudriciones blandas principalmente. Lozoya, *et al.*, (2010) menciona que deben ser consideradas las enfermedades de mayor importancia que se nombra y se describen en el Cuadro 2.15.

Cuadro 2.15. Descripción de las enfermedades bacterianas más relevantes en el cultivo de papa.

| Nombre Común | Nombre Científico | Descripción |
|---|---|--|
| Cáncer bacteriana o Pudrición anular  | <i>Clavibacter michiganensis</i> Subsp. <i>Sepedonicus</i> | Hojas enrolladas, clorosis entre los nervios ocasiones moteadas. Tanto tallos como hojas se necrosan y se produce muerte parcial o total de la planta. En tubérculos, hendiduras, exudado blanquecino de consistencia pastosa hasta la pudrición completa. |
| Marchitez bacteriana o Pudrición parda  | <i>Ralstonia solanacearum</i> | Follaje: marchitez al inicio en un solo tallo en toda la planta cuando el ataque es fuerte. Tubérculos: decoloración en la superficie. Haciendo un corte transversal y presionando aparece un exudado bacteriano por el anillo vascular. |
| Pierna Negra y Pudrición Blanda  | <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> y <i>atroseptica</i> | Follaje (Pierna negra) en la parte basal de los tallos se presenta una pudrición de color negro y de consistencia suave. Las hojas se torna amarillentas y las plantas detiene su crecimiento. Tubérculos (pudrición blanda) pudrición con consistencia suave de color cremosa, alrededor un color oscuro al final despiden olor fétido. |
| Sarna Común | <i>Streptomyces scabies</i> | Tubérculos: pústulas o lesiones levantadas de forma circular, aspecto |

| | | |
|---|--|---|
|  | | <p>corchoso, color marrón cuando avanza superficies hundidas necróticas de forma reticular o estrellada. En casos severos las plantas detienen su crecimiento y puede causar marchitez.</p> |
|---|--|---|

Fuente: Montesdeoca, *et al.*, 2013; Solís, 2017.

2.21.4. Enfermedades fúngicas.

Las enfermedades fúngicas, son una actividad patológica importante, que puede provocar problemas serios, las más importantes se describen el Cuadro 2.16.

Cuadro 2.16. Descripción de las enfermedades provocadas por hongos en el cultivo de papa.

| Nombre Común | Nombre Científico | Descripción |
|---|--------------------------------------|--|
| <p>Tizón Tardío</p>  | <p><i>Phytophthora infestans</i></p> | <p>Por años se clasifico como hongo. Actualmente pertenece a la clase de los oomycetos Aparece desde emergencia hasta floración. Por semilla infectada o infecciones secundarias a través de tejidos foliares infectados. En hoja es manchas necróticas de color marrón claro a oscuro, presencia de pelusilla blanquecina en el envés de las hojas, los tallos quebradizos con manchas alargadas y tubérculos con manchas irregulares de color marrón rojizo.</p> |
| <p>Tizón Temprano</p>  | <p><i>Alternaria solani</i></p> | <p>Afecta al cultivo antes de floración hasta la madurez de la planta. Por semilla infectada, rastrojos de plantas afectadas. Los síntomas en hojas: manchas necróticas de color marrón claro a oscuro con anillos concéntricos, manchas restringidas por las nervaduras. Tallos con manchas necróticas. Tubérculos: manchas circulares o irregulares hundidas de color marrón a oscuro.</p> |
| <p>El Punteado café</p> | <p><i>Alternaria alternata</i></p> | <p>La lesión comienza como pequeños puntos necróticos circulares, café oscuros. Las lesiones se van juntando formando lesiones más grandes con</p> |

| | | |
|---|---------------------------------------|---|
|  | | <p>márgenes café oscuro y anillos concéntricos muy similares a <i>A. solani</i>.</p> |
| <p>Pudrición seca o marchitez</p>  | <p><i>Fusarium sp</i></p> | <p>Se presenta cerca de la cosecha y en almacén, por semilla o suelo infectada. Los síntomas es pudrición seca de los tubérculos, después se arrugan y al final se momifican. Se da con condiciones de campos infestados, heridas en los tubérculos, almacenamiento inadecuado.</p> |
| <p>Roña o Sarna polvorienta</p>  | <p><i>Spongospora Subterránea</i></p> | <p>Afecta desde emergencia hasta formación de tubérculos. Por semilla infectada, suelo infectado, estiércol contaminado. Los síntomas en raíces y estolones con agallas irregulares hasta de 1.5 cm de color oscuro. Tubérculos con lesiones de pústulas que salen a la superficie y una vez maduras liberan un polvillo marrón oscuro.</p> |
| <p>Roya</p>  | <p><i>Puccinia pitteriana</i></p> | <p>Afecta desde la prefloración hasta la madurez del cultivo. A través de esporas llevadas por el viento. Los síntomas son manchas blancas verdosas que luego se transforma en pústulas anaranjadas a un color café oscuro, se puede ver un polvillo de color rojizo que son las esporas que diseminan la enfermedad. Aparecen en el envés de las hojas inferiores. También se presentan en tallos, flores, peciolo y frutos.</p> |

Fuente: Pérez y Forbes, 2011; Montesdeoca, *et al.*, 2013; Solís, 2017.

2.21.5. Enfermedades por fitoplasma.

Punta Morada de la Papa (Amarillamiento del Áster, “Stolbur”, “Haywire”).

La punta morada es una enfermedad que se ha asociado con fitoplasmas (algas fitopatógenas, hongos, virus y fitoplasma) son transmitidos por vectores como Chicharrita y Paratrioza. Es uno de los principales factores que limitan la producción de muchos cultivos alrededor del mundo (Lee, *et al.*, 2000).

Prácticamente el 100% de los reportes sobre esta enfermedad lo asocian a microorganismos llamados fitoplasmas; que no se trata de un fotosistema de etiología simple, sino que participan otros agentes que no dejan de ser importantes en la etiología de la punta morada. Entre 2003 y 2004 la incidencia de esta enfermedad fue el 100% en algunas áreas productoras de papa, no siendo la excepción la región sur de Coahuila y Nuevo León. La deficiencia de los nutrientes esenciales en la planta se relaciona con la incidencia y severidad de Punta Morada de la Papa que se presentó en la región de Coahuila y Nuevo León en el 2005 (Flores, *et al.*, 2004; López, 2008).

En los últimos diez años se ha visto un incremento acelerado de la enfermedad, especialmente en la región centro del país, su importancia radica en que afecta los tubérculos y la calidad de los mismos en 80% (Solís, 2017).

Los síntomas de la Punta Morada (Figura 2.8.) se caracterizan por un achaparramiento de la planta, abultamiento del tallo en los lugares de inserción de las hojas, formación de tubérculos aéreos y una decoloración en las hojas superiores, las cuales tienden a tornarse moradas en algunas variedades. Los tubérculos provenientes de plantas con síntomas de Punta Morada desarrollan un pardeamiento interno, sus brotes son delgadas o ahilados a veces no brotan.



Figura 2.8. Síntomas de Punta Morada en follaje y tallo en papa.

El control de las enfermedades causadas por fitoplasmas es el uso de semilla libre de estas enfermedades. Para esto, la producción de semilla debe realizarse en zonas que se sabe que están libres de vectores y debe eliminarse toda planta que muestre algunos de los síntomas descritos. Tubérculos en

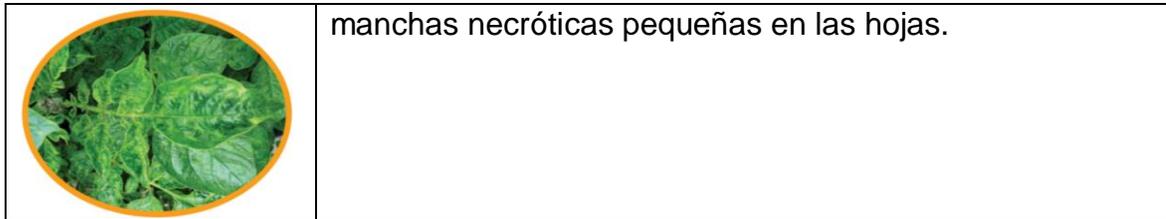
brotamiento, deben eliminarse los que muestren principalmente proliferación de brotes y brotes ahilados, el control de vectores para poblaciones bajas.

2.21.6. Enfermedades Virosas.

Muñoz, *et al.*, (2014) menciona que en el cultivo de papa, se conocen más de 20 virus, los cuales pueden causar severas pérdidas en el rendimiento de la producción. La transmisión de los virus puede ser por tres formas, semilla infectada, mecánica y por vectores (Figura 2.9). Entre los virus de importancia se encuentran descritos en el Cuadro 2.17.

Cuadro 2.17. Descripción de los virus que atacan a la papa.

| Virus | Descripción |
|---|--|
| <p>Amarillamiento de las nervaduras de la papa (PLRV).</p>  | <p>Se trasmite por el uso de tubérculos infectados o por vectores asociado con temperaturas altas. Al presentarse en etapa de desarrollo de la planta, los síntomas primarios es en la parte apical, las hojas se tornan rectas, tomando coloración pálida amarillenta y se enrollan hacia arriba, en tanto la papa queda infectada. Los síntomas secundarios cuando es por tubérculo infectado son más intensos en todo la planta, los tubérculos presentan necrosis interna reticulada, por ente en el tamaño y número tubérculos llegan pérdidas de hasta un 95%.</p> |
| <p>Virus del Mosaico Severo (PVY)</p>  | <p>Este virus se trasmite de las tres formas siendo este capaz de interactuar con otros virus. Los síntomas varían de acuerdo a la raza de virus y la variedad. Se muestran mosaicos en las hojas, áreas de color verde claro y amarillo entremezclado con el color verde normal y vuelven retorcidas, quebradizas y rugosas con apariencia oriácea; en tubérculos pueden causar necrosis.</p> |
| <p>Virus del Mosaico Latente (PVX)</p>  | <p>Este virus se transmite de manera mecánica, puede permanecer latente sin mostrar síntomas, al interactuar con otros virus los síntomas van de un mosaico moderado a un rayado necrótico hasta encrespamiento, reducción del tamaño de hojas, además necrosis apical y lesiones necróticas en los tubérculos.</p> |
| <p>Virus S de la papa (PSV)</p> | <p>Es un virus que se trasmite de las tres formas, cultivares infectados de forma temprana las síntomas es hundimiento ligero de las nervaduras, hojas rugosas, crecimiento más abierto, moteado suave, bronceado y</p> |



Fuente: Muñoz, *et al.*, 2014.

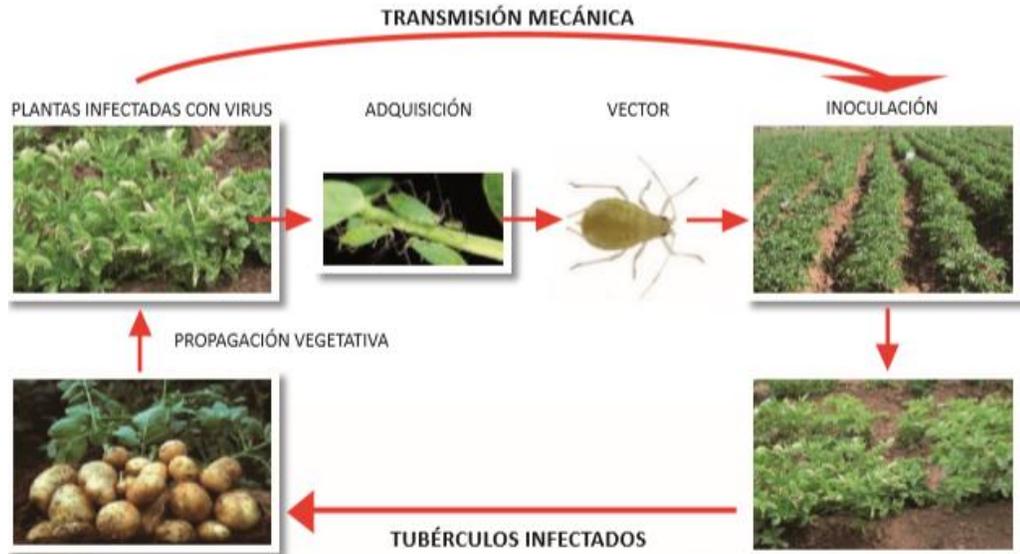


Figura 2.9. Formas de transmisión de los virus en cultivo de papa.

Las medidas de control para evitar la diseminación de los virus, el uso de tubérculo semilla sana, cultivos trampas o bordes, saneamiento, desinfección de maquinaria, herramientas, calzado-vestuario y el uso de agroquímicos para los vectores con insecticidas de contactos o sistémicos como son Clothianidin, Imidacloprid, Spirotetramato y Pimetrozina.

2.21.7. Control de plagas y enfermedades.

El monitoreo del cultivo es importante para identificar el estado de desarrollo, si presenta metamorfosis completa (huevo, larva, pupa y adulto) e incompleta (huevo, ninfa y adulto) en caso de plaga; síntomas para el caso de enfermedades para la elección del método de control (Solís, 2017).

Las plagas y enfermedades, tienden a controlarse si se aplican tratamientos a tiempo, siendo una buena opción un buen manejo integrado. Ha ayudado a los productores a reducir drásticamente la necesidad de utilizar sustancias químicas a la vez que se incrementa la producción (Cuadro 2.18).

Cuadro 2.18. Plaguicidas para control de plagas y enfermedades.

| Ingrediente activo | Dosis |
|---------------------------|------------------------|
| Carbofurán 5% | Suelo 30-60 Kg/Ha |
| Diazinón 4% | Suelo 20-50 Kg/Ha |
| Etoprofos 10% | Suelo 35-45 Kg/Ha |
| Dimetoato | Follaje 0.5-1 L/Ha |
| Ometoato | Follaje 0.6-0.9 L/Ha |
| Oxidemeton Metil | Follaje 0.7-1.5 l/Ha |
| Metamidofos | Follaje 1-1.5 L/Ha |
| Monocrotofos | Follaje 1-1.5 L/Ha |
| Captan, Clorotalonil | Preventivo 1.5-2 Kg/Ha |
| Mancozeb | Preventivo 1-3 Kg/Ha |
| Fosetil-Al | Curativo 2.5 Kg/Ha |
| Metalaxil + Clorotalonil | Curativo 2.5 Kg/Ha |

Fuente: Soto, 2016.

Los productos químicos muchas veces se hacen una mezcla, incluyendo acidificantes y adherentes penetrantes; para esto se requiere la calibración del equipo o maquina fumigadora, tomando en cuenta la capacidad y la potencia del tractor, momento de la aplicación se pulveriza la gota de aplicación genera una excelente cobertura en la planta para control de plagas y enfermedades. Actualmente día a día se presentan nuevos productos con nuevas materias activas (Soto, 2016).

2.22. Fisiopatías.

Según Pérez (2012) y Montesdeoca (2013), mencionan algunas fisiopatías que se pueden presentar en el cultivo de papa son las que a continuación se enlistan:

- 1) Anormalidades en el crecimiento del tubérculo.
- 2) Grietas y magulladuras del tubérculo.

- 3) Daño por bajas y altas temperaturas.
- 4) Deficiencia de oxígeno.
- 5) Enrollamiento no viral.
- 6) Desbalance nutricional.
- 7) Daños por agentes químicos.

2.23. Muestreo para la evaluación de rendimiento.

Es recomendable hacer el muestreo de rendimiento de tubérculos para determinar el desvare, evaluando el número de plantas por metro, número de tallos por metro, tamaños para selección, número de papas, pesos por papa, peso por metro y realizando un rendimiento aproximado (Yáñez, 2009).

2.23.1. Defoliación o desvare.

Los tubérculos se maduran naturalmente conforme la planta envejece, esto según la variedad sembrada, para garantizar la correcta madurez, es necesario la desecación del follaje, para que la cascara se vaya endureciendo y facilite la recolección, sobre todo si es con cosechadora (Yáñez, 2009). La destrucción del follaje debe realizarse de 10 a 20 días antes de la recolección, esto ayuda a controlar el engrosamiento y acumulación en materia seca de los tubérculos.

2.23.2. Aplicación de desecante.

La eliminación de la planta con herbicidas es práctico y económico, pero como el cultivo de papa presenta follaje abundante no basta con una sola aplicación del producto, siendo común el uso de productos como: Finale, Reglone o Paraquat de 4-5 litros/Ha. Algunos productores realizan la aplicación de desecante primero y después el desvare aunque no es lo ideal ya que no permite la llegada del producto hasta los tallos.

2.23.3. Aporcado o Roturación.

Actividad que consiste en echar tierra en la parte superior del bordo, para cubrir las grietas que genera el crecimiento del tubérculo, esto evita el verdeo y protege de la plaga (palomilla de la papa) que ocasiona pérdida en calidad comercial, (Yáñez, 2009).

2.23.4. Suberización.

Después de la aplicación de desecante debe transcurrir entre 15 y 20 días según las condiciones climáticas y la humedad del suelo. En este lapso la cáscara (piel) de la papa se endurece y para determinar si sigue inmaduro se desentierran, se lavan y se frotan; si la piel no se daña casi en un 100 % de la papa está maduro, listo para cosechar (Yáñez, 2009).

Otra práctica que se realiza para que las papas subericen más rápido, es cortando la planta en verde y así se logra la firmeza del tubérculo hasta con 7 días de anticipación a cosecha (Experiencias de Héctor Manuel Castillo Soto, empresa, Keswick SA de CV).

2.24. Cosecha.

La cosecha depende de la precocidad de la variedad, siendo entre los 90 y 120 días después de siembra, esta puede ser manual o mecánica que es la más empleada. La cosechadora por medio de sus cuchillas, mediante un tractor que lo estira remueve la tierra, las papas con todo y terrones pasan por la cadena acarreadora y sacudidora, al final es la caída al suelo para ser recogidas con personal donde realizan las selecciones previstas. En cuanto a rendimiento de trabajo, la cosechadora levanta 3 toneladas por hora, esto varía según la variedad y el destino de producción, una recolección en variedades para freír, el rendimiento es entre 20 a 30 ton/Ha y en variedades para consumo en fresco esta entre 40 a 45 ton/Ha (Yáñez, 2009).

2.24.1. Recolección y carga de la papa.

Generalmente se hacen tres tipos de selecciones de la papa producida, en arpilla se recoger primera, segunda y tercera. Posteriormente se acarrea todas las arpillas al camión, se realiza la segunda pasada de la cosechadora en el campo siendo este procedimiento “pepena”, se recoge sin seleccionar (Yáñez, 2009). La carga de arpillas a los camiones es una actividad sencilla que debe hacerse con cuidado para evitar que las papas se estrellen con el golpe y que puede generar mermas al momento del lavado en las bodegas destinadas.

2.25. Comercialización.

En México la papa en el proceso de compra-venta, muchas veces se inicia desde el momento de la cosecha del producto en el campo, al ser compradas por intermediarios antes de llegar a los centros de acopio, distribución y comercialización a los consumidores finales. Los principales centros de acopio y distribución de la papa, son las centrales de abasto de México, Monterrey, Guadalajara, Puebla siendo punto de partida a todos los centros del país.

Los principales mayoristas se abastecen de papa a través de producción propia, compra directa a productores, asociación con productores, compra a intermediarios, comisión y/o a bodegueros. El productor debe investigar el precio en el mercado, para determinar el precio de su producto. Si presenta una papa de excelente calidad, es decir, buen tamaño, color uniforme, buena cascara y carne, lenticela cerrado y poca merma, (Yáñez, 2009).

2.25.1. Costos de producción para una hectárea según el paquete tecnológico.

El cultivo de papa es uno de los más caros, debido al manejo agronómico, como mano de obra, especialmente en la cosecha para su recolección y selección, según cifras actuales el costo de producción del cultivo se encuentra alrededor de 350 mil pesos por hectárea experiencia de Héctor

Manuel Castillo Soto, empresa Keswick, SA de CV. Yáñez (2009) menciona para conocer los costos de producción se debe considerar el presupuesto desde de la preparación del terreno (Cuadro 2.19).

Cuadro 2.19. Costo de producción para una hectárea.

| Actividad | Costos |
|--------------------------------|----------------|
| Fertilización a la siembra | 50,970 |
| Fertilización al follaje | 5,650 |
| Tratamiento de semilla | 420 |
| Agroquímicos a la siembra | 10,480 |
| Agroquímicos al follaje | 19,700 |
| Mano de obra | 22,820 |
| Mantenimiento de equipo | 6,190 |
| Energía eléctrica | 3,570 |
| Combustibles | 4,590 |
| Empaques | 3,050 |
| Administración | 3,800 |
| Semilla | 27,500 |
| Rentas | 4,500 |
| Fletes | 3,570 |
| Sueldos | 5,700 |
| Ventas | 1,430 |
| varios sin comprobar | 900 |
| Financieros | 9,640 |
| Costo real por Hectárea | 158,480 |

Fuente: Yáñez, 2009.

III. CONCLUSIÓN

En conclusión después de recabar información en libros, artículos, tesis (licenciatura, maestría, doctorado), Monografías, Memorias, consulta en páginas electrónicas, además de la experiencia de quien trabaja sobre este cultivo, se demuestra que el cultivo de la papa es un cultivo de altos costos para su producción ya que requiere de grandes cantidades de insumos, semilla certificada, fertilizantes, agroquímicos, maquinaria, mano de obra, transporte, etc.

Por lo tanto es necesario tener pleno conocimiento de, condiciones de fertilidad del suelo, calidad de agua, sanidad de la semilla, así mismo su generación, plagas y enfermedades. Así también el abanico de alternativas que ofrece el mercado de insumos agrícolas, esto con la finalidad de ser cada más eficiente, y conseguir que el cultivo sea más rentable. Hoy, mucho de lo tenemos que hacer es la innovación, tener mejor tecnología, cómo producir con la misma superficie de tierra, considerando los temas climatológicos, factores bióticos y abióticos influyentes en la producción del cultivo.

La producción de papa es una actividad que al llevarse a cabo todo el año adquiere relevancia tanto por su porte nutricional, diversos usos y por su importancia económica de ingreso que proporciona a los productores.

V. LITERATURA CITADA

- Beaufils, E. R 1793. Diagnosis and recomendation integrad system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nitricion. (Soil Science Bulletin No. 2) University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa.132 p.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.
- Cakmak, I. 2015. Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales Durante la Absorción y Transporte en las Plantas. Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos. Intagri. 4 p.
- Cartografía con los programas SIG QGIS Versión 3.10.2 y SIG ArcGIS Versión 10.1 descargados del portal del INEGI Y CONABIO del Geoportal.
- Castillo Soto H. Experiencia en la papa. Empresa Keswick SA de CV.
- Castro, I. Contreras, A. 2011. Manejo de Plagas y Enfermedades en el cultivo de la papa. Imprenta Austral, Valdivia Chile. 72 p.
- Cepeda, S. M. 1996. Nematología Agrícola. Editorial Trillas, Distrito Federal. México 305 p.
- Chirinos U., H, 2001. ¿Es su agua de riego adecuada para los cultivos? Nota informativa. 2 p.
- FAO. 2009. Año Internacional de la Papa 2008. Nueva luz sobre un tesoro enterrado. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma. pp 143.
- Fernández, V., and P. H. Brown. 2013. From plant surface to plan metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. PLANT SCIENCE. 5 p.
- Flores, O. A., I. A. Alemán y M. I. Notario. 2004. Alternativas para el manejo de la punta morada de la papa. En memorias del Simposio punta morada de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 40-44.
- García A. I. 2013. ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRODUCTIVIDAD Y SUSTENTABILIDAD DE DOS VARIEDADES DE PAPA, EN LA SIERRA DE ARTEAGA COAHUILA. Tesis de Licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 79 p.

- García, G. S 2002. Establecimiento de normas (DRIS) y Diagnostico Nutricional y calibración de las normas obtenidas para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Coahuila y Nuevo León. Tesis de Doctorado-Ciencias Agrícolas. Facultad Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo león, México. 120 p.
- González, H. A. O. 2015. Uniformidad de Distribución del Rotor R33 en Comparación al Aspensor WR33 en un Sistema Powerroll. Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo Coahuila México. 58 p.
- Gudmestad, N. 2008. Potato health from sprouting to harvest. P. 67-77. In: Johnson, D.A (ed.). Potato health management. Second Edition. American Phytopathological Society, E.U.A. 272 p.
- Ierna, A.; Pandino, G.; Lombardo, S.; Mauromicale, G. 2011. Tuber yield, water and fertilizer productivity in early potato as affected by a combination of irrigation and fertilization. *Agricultural Water Management* 101:35-41.
- INTAGRI. 2017. El Uso de Ácidos para Mejorar la Calidad de Agua. Serie Agua y Riego Núm. 16. Artículos Técnicos de INTEGRI. México. 5 p.
- INTAGRI. 2017. Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa. Serie Hortalizas. Num.10. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p.
- Kafkafi, U. 2005. Global aspects of fertigation usage. *Fertigation Proceedings, International Symposium on Fertigation Beijing, China. 20-24 September 2005.* pp. 8-22.
- Kafkafi, U. y J. Tarchitzky. 2012. Fertirrigacion: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza. p 151.
- Kirkby, E. A. and Römheld, V. 2007. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. *Proceedings 543. The International Fertilizer Society, P. O.Box, York, YO32 5YS, United Kingdom.* Versión en español. 6 p.
- Lee, I. M., Davis, R. E., Gundersen-Rindal, D. E. 2000. Phytoplasma: Phytopathogenic Mollicutes, *Annual Reviews Microbiology* 54:221-255.
- Leos, E. L. 2004. DIAGNOSTICO NUTRIMENTAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PAPA (*Solanum tuberosum*. L), EN ARTEAGA, COAHUILA Y GALEANA, NUEVO LEÓN PARA DERIVAR RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN. Tesis de maestría UAAAN. Saltillo Coahuila México. 121 p.

- López L, D. 2017. Manejo Sustentable de *Fusarium sp.* En el Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum*. L) en Invernadero. Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo Coahuila México. 43 p.
- López, M. E., 2008. La nutrición y su relación con el Síndrome de la Punta Morada de la Papa. Tesis de Licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 64 p.
- Lozoya-Saldaña, H.2010. Generalidades sobre las enfermedades de la papa. XIII Congreso Nacional de Papa. Jalisco. México. pp 38-44.
- Luque, S. E de J., sin fecha. Nuevas variedades de papa en el norte de Sinaloa Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa A. C. p 27.
- Margarita, J. S.; Sánchez. S. A.; Jordá G. J. D.; y Sánchez, A. J. J. 2004. Diagnóstico del potencial nutritivo de suelo. Publicaciones Universidad Alicante. P. 15-20.
- Montaldo, A (1984). Cultivo y mejoramiento de la papa (No. 54) lica. Revista mexicana de Fitopatología, 21 (3), 248-259.
- Montesdeoca., F., Panchi, N., Navarrete, I., Pallo, E., Yumisaca, F., Taípe, A., Espinoza, S. y Andrade-Piedra, J. (2013). Guía fotográfica de las principales plagas del cultivo de papa en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Internacional de la Papa (CIP) Quito, Ecuador. p 68.
- Moreno, R. E. E. 2007. Determinación del Consumo de Agua por el Cultivo de Papa con el Método de la Covarianza EDDY. Tesis de licenciatura UAAAN Saltillo, Coahuila México. 76 p.
- Muñoz, M.; Navarro, P.; Méndez, P. 2014. INIA Remehue. Casilla 24-0 Osorno, Chile. Fono (64) 2334800 / 2334823. Informativo N° 132. 4 p.
- Murillo, C. R. G., Piedra, M. G., G. León R. 2013. ABSORCIÓN DE NUTRIENTES A TRAVÉS DE LA HOJA. UNICIENCIA Vol. 27, No. 1, [232-244]. Enero – junio 2013 ISSN 1101 – 0275. p 13.
- Nivap 2011. Catalogo Holandés de Variedades de patata. Netherlands Instituut Voor Afzetbevordering van Pootaardapelen (NIVAP). p 144.
- Parga, T. V. M., Zamora, V. V. M., Covarrubias, R. J., Borrego, E. F., López, B. A. y Almeyda, L. I. H. 2008. Programa de mejoramiento genético por resistencia múltiple al síndrome de la punta morada de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Memoria del XII Congreso Nacional de Papa. Mochis, Sinaloa, México. 78 p.

- Pérez, M. E. 2012. Comportamiento de Ocho Cultivares de Papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis de Licenciatura UAAAN Saltillo, Coahuila México. 59 p
- Pérez, W. y G. Forbes. 2011. Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina. Centro de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina. Centro Internacional de la Papa (CIP). 48 p.
- Rémy, J. C. 1985. Conséquences agronomiques. Cultivar (dossier analyse). pp 119-122.
- Romo, M. A. 2018. Conceptos Integrales de Fertirriego. Claves para Lograr Rendimiento y Calidad en los Cultivos. Serie Agua y Riego, Núm. 30. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 8 p.
- Rubio C., O. A.; Rangel, G. J. 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, V. M.; Paredes, T. A. 2000. Manual Para la Producción de Papa en las Sierras y Valles Altos de México. Libro Técnico No.1. División Agrícola. INIFAP. México. 38 p.
- Ruiz, C. S. 2017. La Dureza del Agua y su Importancia en el Riego por Goteo. Serie Agua y Riego. Núm. 19. Artículos Técnicos de INTRAGRI. México. 5 p.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas Agroalimentario 2012-2018. p. 122 (222).
- SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama Agroalimentario 2019. p. 120 (218).
- Sifuentes, I. E., Ojeda, B. W., Mendoza, P. C., Macías, C. J., Ruelas, I. J. y Inzunza I. M. A. 2013. Nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando variabilidad climática en el Valle del Fuerte Sinaloa, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.4 Núm.4 16 de Mayo - 29 de Junio, 2013 p. 585-597.
- Solís, R. S., 2017. Manejo Integrado de Organismos Plaga de la Papa *Solanum tuberosum* L; en la Región de Navidad, Galeana, Nuevo León. Tesis de Licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 163 p.
- Soto I. N. F. 2016. El Cultivo de la Papa. Memorias de Experiencias Profesional. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. 61 p.
- Vázquez C L. D. 2015. Factibilidad del Cultivo de la Papa en la Comunidad de San Luis de Lozada, Nayarit. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. 49 p

White, P. J.; Whcatley, R. E; Hammond, J. P and Zhang, K. 2007. Minerals, Soils and roots. In: Vreugdenhil, D. (Ed.). Potato biology and biotechnology, advances and perspectives. Elsevier Amtersdan pp. 739-752.

Yáñez P. M. 2009. Experiencias Agronómicas en la Producción de "PAPA". Memoria de Experiencias Profesionales. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.54 p.

CITAS DE INTERNET

SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado el día 20 de Enero del 2020. <https://blogagricultura.com/estadisticas-papa-produccion/>

SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado el día 20 de Enero del 2020. <https://blogagricultura.com/estadisticas-papa-mexico/>

SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado el día 20 de Enero del 2020. <https://blogagricultura.com/estados-productores-papa-2018/>

SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Publicación Mayo 6 2019 Utilidad de la Frontera Agrícola en el estado de Nuevo León. Consultado el día 16 de Enero del 2020.

<https://www.tuberculos.org/papa-patata/> Consultado el 10 de Enero del 2020

<https://eju.tv/2016/08/sistemas-riego-tecnificado-permite-triplicar-rendimiento-cultivo-papa/> Consultado el 12 de Enero 2020

<https://www.hzpc.com/potatoes-markets/potatoes> Consultado el 16 de enero 2020

<https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-calidad-agua-para-fertirriego> Consultado el 18 de Enero del 2020

<http://www.meijer-potato.com/documents/2019RassencatalogusNL-V4.pdf> Consultado el 20 de enero del 2020.

<https://www.papachile.cl/informacion-tecnica-el-riego-por-goteo-en-cultivo-de-papa-industrial/> Consultado el 26 de enero del 2020

<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-compatibilidad-de-los-fertilizantes-en-fertirrigacion> Consultado el 12 de febrero del 2020

V. APÉNDICE

Cuadro A.1. Análisis de suelo, Agrícola Martínez en Casa Blanca, Galeana Nuevo León.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------|--------------|---------------|
| Materia Orgánica | 1.3 | % |
| N | 10.0 | Kg/Ha |
| P-P1 | 8.0 | Ppm |
| P-P2 | 10.0 | Ppm |
| Fijación de P | | % |
| K | 700.0 | Ppm |
| Mg | 289.0 | Ppm |
| Ca | 6752.0 | Ppm |
| Na | 50.0 | Ppm |
| S | 5.0 | Ppm |
| Zn | 1.8 | Ppm |
| Mn | 3.0 | Ppm |
| Fe | 3.0 | Ppm |
| Cu | 0.6 | ppm |
| B | 0.8 | ppm |
| C.E | 1.6 | mmhos/cm |
| Ph | 6.6 | u |
| CIC | 40.5 | meq/100gr |

Recomendaciones de fertilización

| Material utilizado | Peso | Nutrientes | Dosis Kg/Ha | Rango de aplicación |
|----------------------------|-------------|-------------------|--------------------|--------------------------------------|
| S. k doble de Mg | 30 | Nitrógeno | 140.0 | Formula: |
| Sulfate de potasio | 129 | Fosforo | 380.0 | 140-380-340-15 |
| MAP 11-52-0 | 32 | Potasio | 340.0 | + Humiplex+ Quelatos |
| Super fosfato de Ca simple | 313 | Magnesio | 15.0 | +Gallinaza |
| Sulfato de amonio | 125 | Calcio | 0.0 | Dosis de aplicación: 4,800 Kg./Ha |
| Humiplex | 10 | Azufre | 0.0 | |
| Kelatex Multi | 2 | Cobre | 0.0 | |
| Gallinaza | 360 | Hierro | 0.0 | |
| | | Manganeso | 0.0 | |

Cuadro A. 2. Análisis de suelo, Eduardo Recio en Emiliano Zapata, Arteaga, Coahuila.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------|--------------|---------------|
| Materia Orgánica | 0.8 | % |
| Nitrógeno | 19.0 | Kg/Ha |
| P-P1 | 7.0 | ppm |
| P-P2 | 7.0 | ppm |
| Fijación P | 0.0 | % |
| K | 693.0 | ppm |
| Mg | 430.0 | ppm |
| Ca | 13,400.0 | ppm |
| Na | 218.0 | ppm |
| S | 0.0 | ppm |
| Zn | 0.0 | ppm |
| Mn | 0.0 | ppm |
| Fe | 0.0 | ppm |
| Cu | 0.0 | ppm |
| B | 0.0 | ppm |
| C.E | 1.8 | mmhos/cm |
| pH | 7.9 | u |
| CIC | 73.2 | meq/100gr |

| Recomendaciones de fertilización | | | | |
|---|-------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Material utilizado | Peso | Nutrientes | Dosis Kg/Ha | Rango de aplicación |
| Simple Granulado | 77 | Nitrógeno | 135.0 | Formula: |
| Cloruro de potasio | 56 | Fosforo(P2O5) | 300.0 | 110-300-260-30 |
| S. k doble de Mg | 51 | Potasio (K2O) | 280.0 | + Quelatos + Húmicos |
| Sulfato de Potasio | 67 | Magnesio | 20.0 | + Gallinaza |
| Super fosfato de Ca simple | 349 | Calcio | 0.0 | Dosis de aplicación: 3, 615 Kg/ Ha |
| Sulfato de amonio | 172 | Azufre | 0.0 | |
| Gallinaza | 223 | Cobre | 0.0 | |
| Kelatex Multi | 2 | Hierro | 0.0 | |
| Vigostart | 3 | Manganeso | 0.0 | |

Cuadro A.3. Análisis de suelo, Rodolfo Garza en San Rafael, Galeana Nuevo León.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------|--------------|---------------|
| Materia Orgánica | 1.1 | % |
| Nitrógeno | 51.0 | Kg/Ha |
| P-P1 | 18.0 | ppm |
| P-P2 | 86.0 | ppm |
| Fijación P | 79.0 | % |
| K | 148.0 | ppm |
| Mg | 41.0 | ppm |
| Ca | 11,430.0 | ppm |
| Na | 36.0 | ppm |
| S | 10.0 | ppm |
| Zn | 1.2 | ppm |
| Mn | 2.0 | ppm |
| Fe | 1.0 | ppm |
| Cu | 0.2 | ppm |
| B | 0.6 | ppm |
| C.E | 1.6 | mmhos/cm |
| pH | 7.3 | u |
| CIC | 57.9 | meq/100gr |

Recomendaciones de fertilización.

| Material utilizado | Peso | Nutrientes | Dosis Kg/Ha | Rango de aplicación |
|----------------------------|-------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|
| Simple Granulado | 79 | Nitrógeno | 151.0 | Formula: |
| Sulfato de Potasio | 141 | Fosforo | 349.0 | 100-250-200-15 |
| MAP 11-52-0 | 54 | Potasio | 300.0 | +Quelatos+H85+ |
| Super fosfato de Ca simple | 276 | Magnesio | 20.0 | Gallinaza |
| Sulfato de amonio | 98 | Calcio | 0.0 | Dosis de aplicación: 3542 Kg/Ha |
| Sulfato de Mg | 60 | Azufre | 0.0 | |
| Fosfonitrato | 32 | Cobre | 0.0 | |
| Nitrato de K | 31 | Hierro | 0.0 | |
| Kelatex Multi | 2 | manganeso | 0.0 | |
| Gallinaza | 227 | | | |

Cuadro A.4. Análisis de suelo, P. Alvarado en El Potosí, Galeana Nuevo León.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------|--------------|---------------|
| Materia Orgánica | 0.7 | % |
| Nitrógeno | 44.0 | Kg/Ha |
| P-P1 | 5.0 | ppm |
| P-P2 | 68.0 | ppm |
| Fijación P | 93.0 | % |
| K | 196.0 | ppm |
| Mg | 94.0 | ppm |
| Ca | 12,247.0 | ppm |
| Na | 40.0 | ppm |
| S | 7.0 | ppm |
| Zn | 0.5 | ppm |
| Mn | 1.0 | ppm |
| Fe | 1.0 | ppm |
| Cu | 0.2 | ppm |
| B | 1.0 | ppm |
| C.E | 1.4 | mmhos/cm |
| pH | 7.9 | U |
| CIC | 62.6 | Meq/100gr |

Recomendaciones de fertilización.

| Material utilizado | Peso | Nutrientes | Dosis Kg/Ha | Rango de aplicación |
|----------------------------|-------------|-------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Simple Granulado | 99 | Nitrógeno | 130.0 | Formula: |
| Sulfato de Potasio | 125 | Fosforo | 400.0 | 130-400-300-25 |
| Super fosfato de Ca simple | 358 | Potasio | 280.0 | + Gallinaza |
| Sulfato de amonio | 107 | Magnesio | 25.0 | Dosis de aplicación: 4,419 Kg/Ha |
| Gallinaza | 226 | Calcio | 0.0 | |
| Hakaphos azul | 23 | Azufre | 0.0 | |
| Kelatex Multi | 2 | Cobre | 0.0 | |
| Sulfato de Mg | 60 | Hierro | 0.0 | |
| H85 | 2 | Manganeso | 0.0 | |

Cuadro A.5. Análisis de suelo, Emilio Cárdenas en El Tokio, Galeana Nuevo León.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------|--------------|---------------|
| Materia Orgánica | 0.8 | % |
| Nitrógeno | 47.0 | Kg/Ha |
| P-P1 | 41.0 | ppm |
| P-P2 | 50.0 | ppm |
| Fijación P | 18.0 | % |
| K | 185.0 | ppm |
| Mg | 47.0 | ppm |
| Ca | 11,601.0 | ppm |
| Na | 45.0 | ppm |
| S | 3.0 | ppm |
| Zn | 1.4 | ppm |
| Mn | 1.0 | ppm |
| Fe | 2.0 | ppm |
| Cu | 0.3 | ppm |
| B | 0.3 | ppm |
| C.E | 1.8 | mmhos/cm |
| pH | 7.5 | u |
| CIC | 58.9 | meq/100gr |

Recomendaciones de fertilización.

| Material utilizado | Peso | Nutrientes | Dosis Kg/Ha | Rango de aplicación |
|----------------------------|-------------|-------------------|--------------------|----------------------------|
| S. granulado | 74 | Nitrógeno | 130 | Formula: |
| S. de k doble de Mg | 50 | Fosforo | 350 | 130-350-360- |
| Sulfato de K | 172 | Potasio | 360 | Dosis de aplicación: |
| Super fosfato de Ca simple | 404 | Magnesio | 20 | 3720 Kg/Ha |
| Sulfato de amonio | 160 | Calcio | | |
| Gallinaza | 134 | Azufre | | |
| Humicrop 100 | 5 | Cobre | | |
| Kelatex Multi | 2 | Hierro | | |
| | | Manganeso | | |

Cuadro A.6. Análisis de agua, La casita en Casa Blanca, Galeana Nuevo León.

| Parámetro | | Valor | | Expresión | |
|--------------------------------|-------|---------|--------------|-----------|---------|
| C.E | | 1.597 | | mmhos/cm | |
| pH | | 7.8 | | unidad | |
| Solidos totales disueltos | | 1.022 | | ppm | |
| Relación de Absorción de Sodio | | 3.71 | | unidad | |
| RAS Ajustado | | 4.05 | | unidad | |
| Cationes | meq/L | ppm | Aniones | meq/L | ppm |
| Ca | 5.26 | 105.21 | Carbonatos | 0.0 | 0.0 |
| Mg | 10.85 | 130.235 | Bicarbonatos | 4.18 | 255.02 |
| Na | 10.48 | 241.037 | Cloruros | 8.98 | 318.228 |
| K | 1.63 | 63.576 | Sulfatos | 15.00 | 720.546 |
| He | | 0.0 | Nitratos | 0.0 | 0.0 |
| | | | Fosforo | | 0.0 |
| | | | Boro | | 0.0 |

Cuadro A.7. Análisis de agua, El Huache, Casa Blanca.

| Parámetro | | Valor | | Expresión | |
|--------------------------------|-------|---------|--------------|-----------|---------|
| C.E | | 0.885 | | mmhos/cm | |
| pH | | 7.4 | | unidad | |
| Solidos totales disueltos | | 566.4 | | ppm | |
| Relación de Absorción de Sodio | | 2.51 | | unidad | |
| RAS Ajustado | | 2.89 | | unidad | |
| cationes | meq/L | Ppm | Aniones | meq/L | ppm |
| Ca | 5.26 | 105.21 | Carbonatos | 0.0 | 0 |
| Mg | 2.55 | 30.643 | Bicarbonatos | 2.66 | 162.287 |
| Na | 4.94 | 113.595 | Cloruros | 1.63 | 57.871 |
| K | 0.35 | 13.678 | Sulfatos | 8.81 | 423.384 |
| He | | 0.0 | Nitratos | 0.0 | |
| | | | Fosforo | | |
| | | | Boro | | |

Cuadro A.8. Análisis de agua, El Uno en San Rafael, Galeana, Nuevo León.

| Parámetro | | Valor | Expresión | | |
|--------------------------------|--------------|--------------|------------------|--------------|------------|
| C.E | | 2.26 | mmhos/cm | | |
| pH | | 7.8 | unidad | | |
| Solidos totales disueltos | | 1.446 | ppm | | |
| Relación de Absorción de Sodio | | 3.42 | unidad | | |
| RAS Ajustado | | 3.47 | unidad | | |
| cationes | meq/L | Ppm | aniones | meq/L | ppm |
| Ca | 10.11 | 202.123 | Carbonatos | 0.38 | 11.4 |
| Mg | 2.22 | 26.654 | Bicarbonatos | 1.14 | 69.551 |
| Na | 8.46 | 194.472 | Cloruros | 1.63 | 57.871 |
| K | 1.57 | 61.407 | Sulfatos | 19.67 | 944.606 |
| He | | 0.03 | Nitratos | 0.0 | 0.0 |
| | | | Fosforo | | 0.0 |
| | | | Boro | | 0.0 |