



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**EVALUACION DE LA ADAPTABILIDAD DE TRES VARIEDADES DE PAPA
(*Solanum tuberosum* L.) EN EL MUNICIPIO DE MORAZAN -
DEPARTAMENTO DE CHINANDEGA.**

Para optar al título de ingeniero agrícola

Elaborado por:

Br. Karen Vanessa Hernández Fonseca.

Br. Sorayda Jeaneth Latino Pavón.

Tutor:

Ing. Luis Silverio López Duarte.

Managua, febrero 2016.

Dedicatoria:

A Dios:

Nuestro creador, por iluminar mi camino, por mostrarme su amor, su paciencia y por concederme tan grato triunfo.

A mis Padres:

Sr. Gonzalo Lamberto Latino Oviedo y Sra. Vilma del Socorro Ortiz Pavón, por su paciencia y el cariño que me han brindado desde la infancia, por hacer de mí una persona honesta, honrada y culta mediante sus consejos y orientaciones, por apoyarme y darme valor cuando más lo he necesitado.

A mis Hermanos:

En especial a Danelia Mercedes y Manuel Salvador, quienes de una u otra manera me han alentado para alcanzar esta meta y me han mostrado su cariño y su apoyo.

A mi compañera de monografía:

Karen Hernández Fonseca, por su tiempo y su paciencia, por ser una amiga incondicional, por tus consejos, por tu carisma único en los buenos y en los malos momentos, con el que haces olvidar con facilidad las dificultades haciéndolas más llevaderas. ¡Dios te bendiga siempre!

A mis amistades:

Meyling Castro, Octavio Loasiga, Yarling López, Adanelys Espinoza, Melvin Zelaya, Leonel Valle, Willmer Zavala, Cynthia Sáenz, Doris Quijano, por calar dentro de mi corazón y dejar su huella en él, por influir en mi formación personal y pre-profesional, por demostrarme el significado de la palabra "amistad", por hacerme reír cuando todo estaba mal, por el apoyo incondicional que me han dado. Ya todos aquellos, que no os puedo mencionar, pues no terminaría nunca. Los llevo muy dentro de mi corazón.

A los profesores de Ingeniería Agrícola:

Por inculcarnos valores y transmitirnos sus conocimientos día a día y así prepararnos para la ardua labor profesional, sin su paciencia y su apoyo este momento tan especial en mi vida no habría sido fácil alcanzarlo. Y de forma especial a mi tutor, el Ing. Luis López Duarte, por dedicarnos tiempo, tenernos paciencia y apoyarnos en las dificultades que se presentaron durante el desarrollo de este proyecto.

Br. Sorayda Latino Pavón

Agradecimiento:

A Dios:

Que me permitió el don de la vida, que me ha dado la sabiduría, el entendimiento, la salud y la fortaleza para perseverar y alcanzar este éxito. ¡Gracias Dios mío! Porque me has demostrado que no hay esfuerzo sin mérito y que no existe lucha sin causa.

A mis padres:

Por el sacrificio y esfuerzo que realizaron desde mi niñez para regalarme la gran bendición de estudiar y prepararme para ser una profesional, por la forma de hacerme ver como es en realidad la vida, por todo su apoyo tanto moral como económico porque no podría pagarlos nunca.

A mis amistades en general:

Que me han dado su cariño de amigos, su apoyo y su tiempo, por todos los momentos que pasamos juntos y que solo quedarán como recuerdo de vuestra juventud, pues lastimosamente todos tomaremos caminos distintos, pero nuestra amistad siempre ha de perdurar.

Br. Scrayda Latino Pavón

Dedicatoria

A Dios

Por darme la vida y guiarme en el camino correcto siempre, dándome la fortaleza para superar los obstáculos presentados y poder superarme profesionalmente. Por brindarme su amor incondicional y hacer de mí una persona de bien y así lograr mis objetivos en la vida.

A mis padres

Juan Carlos Hernández Montalbán y Petrona Esperanza Martínez Espinoza Por darme su ayuda y apoyo incondicional en todos mis proyectos de vida y estar siempre a mi lado alentándome a ser una buena profesional y poder defenderme en los caminos de la vida. Por ser los pilares en mi formación.

A mis hermanos y Amigos

Por ayudarme en todas las dificultades que tuve en el transcurso de este proyecto.

A mi amiga y compañera de monografía

Scrayda Latino Pavón Por estar a mi lado en las buenas y en las malas y apoyarme en todo momento y ser una verdadera amiga.

Br Karen Hernández Fonseca

Agradecimiento

A Dios por darme sabiduría y fortaleza para enfrentar los retos presentados durante este proceso, por darme la fuerza necesaria para seguir adelante siempre.

A mis padres por darme su apoyo incondicional tanto económico como moral en toda mi formación profesional. Por ser un ejemplo de vida y de superación.

A mi tutor por su orientación y sus consejos en toda la etapa monográfica.

Br Karen Hernández Fonseca.

RESUMEN:

El presente proyecto se realizó en la Finca El Reposo, ubicada en el municipio de Puerto Morazán, departamento de Chinandega, que tiene una extensión de 6 manzanas y una altura de 60 m.s.n.m.

La investigación se realizó utilizando tres variedades de papa (*Solanum Tuberosum* L.), las cuales se seleccionaron de experimentos anteriores y se retomaron con el objetivo de evaluarlas y determinar cuál de estas se adapta a las condiciones edafoclimáticas del sitio en estudio. El tiempo estipulado para desarrollar dicho experimento está comprendido entre Noviembre a Febrero del 2014 dado que son los meses más fríos en esta zona.

El área experimental consistía de 2250 m², la distancia entre surcos y plantas fue de 0.9 y 0.30 m respectivamente. El agua fue suministrada mediante riego por goteo, el cual tenía un caudal de 1.5 lph con un tiempo de aplicación de 1.5 horas según las necesidades hídricas del cultivo.

Los parámetros o variables de medición se tomaron desde la siembra de la semilla, desarrollo de la planta y finalizaron con la cosecha del cultivo, estos datos al ser analizados nos arrojaron como resultado cuál de las variedades en estudio se comportó satisfactoria y positivamente ante las limitantes presentes en la zona de experimentación.

En dicho análisis se encontró que dentro de las tres variedades evaluadas dos de ellas arrojaron resultados promisorios para las variedades Monte Carlo y CalWhite con rendimientos de 23.11 y 16 Ton/Ha, ambas por encima de la media nacional que es de 12 Ton/Ha, con lo que se considera que al menos en este periodo del año dichas variedades se adaptan a las condiciones de baja altura y temperaturas de la zona de estudio.

INDICE

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	ANTECEDENTES.....	2
III.	JUSTIFICACION.....	3
IV.	OBJETIVOS.....	4
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	4
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
V.	MARCO TEÓRICO.....	5
5.1.	INTRODUCCIÓN DEL CULTIVO A NICARAGUA.....	5
5.2.	CULTIVO DE LA PAPA (<i>Solanum Tuberosum L.</i>).....	6
5.2.1.	ORIGEN.....	6
5.2.2.	TAXONOMÍA.....	6
5.2.3.	MORFOLOGÍA.....	7
5.2.4.	ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE LA PAPA.....	9
5.2.5.	REQUERIMIENTOS EDAFO-CLIMÁTICOS.....	11
5.2.6.	SIEMBRA.....	14
5.2.7.	LABORES CULTURALES.....	16
5.2.8.	VARIETADES DE PAPA.....	17
5.3.	PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	20
5.3.1.	PLAGAS.....	20
5.3.2.	ENFERMEDADES.....	27
5.4.	EL RIEGO.....	29
5.4.1.	MÉTODOS DE RIEGO.....	29
VI.	HIPÓTESIS.....	32
6.1.	HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	32
6.2.	HIPÓTESIS NULA.....	32
VII.	METODOLOGÍA.....	33
7.1.	LOCALIZACIÓN.....	33
7.1.1.	MACRO-LOCALIZACION.....	33
7.1.2.	MICRO-LOCALIZACIÓN.....	34
7.2.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	35
7.3.	METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.....	35
7.3.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	35
7.3.2.	MUESTREO DEL SUELO.....	36
7.3.3.	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO.....	37

7.3.4.	MANEJO AGRONÓMICO	37
7.4.	METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO	44
7.4.1.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	44
7.4.2.	CARACTERÍSTICA DE LOS TRATAMIENTOS	45
7.4.3.	VARIABLES RESPUESTA	45
7.5.	METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO	47
7.5.1.	COMPARACIÓN ENTRE MEDIAS.....	47
7.5.2.	COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	47
7.5.3.	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO.....	48
VIII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	50
8.1.	ANÁLISIS DEL MUESTREO DE SUELO.....	50
8.1.1.	RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO	50
8.1.2.	RESULTADO DEL ANALISIS QUIMICO DEL SUELO.	54
8.2.	RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA	59
8.3.	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DATOS CLIMATOLÓGICOS	60
8.3.1.	EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ETO).....	60
8.3.2.	TEMPERATURA	60
8.4.	ANÁLISIS DE VARIABLES DE DESARROLLO VEGETATIVO	62
8.5.	ANÁLISIS DE VARIABLES DE COSECHA	66
8.6.	ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE PAPA	73
IX.	CONCLUSIONES.....	76
X.	RECOMENDACIONES	78
XI.	BIBLIOGRAFIA.....	79

I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.), cultivo perteneciente a la familia de las solanáceas, es una planta originaria de los Andes, cultivada en zonas que van de los 700 a 1300 msnm (FUNICA, 2007); es el cuarto cultivo sembrado en más de 100 países con clima templado, subtropical y tropical. Su importancia radica en que sus tubérculos son parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial. Contienen 80 % de agua y la materia seca constituida por carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, vitaminas A, C, y complejo B, proporcionando una dieta balanceada; además, son utilizados en la industria para la producción de almidón, comidas rápidas (papas a la francesa), chips (hojuelas) y puré (INTA, 2004). Es el alimento básico de los países desarrollados (Europa y USA), donde se consume 75 Kg per cápita anual, al contrario en Nicaragua se reporta un consumo de 8 Kg per cápita anual (FAO, 2008).

El presente trabajo de investigación consistió en evaluar la adaptabilidad de tres variedades de papa en zonas cálidas y de poca altitud en el Occidente de Nicaragua, esto se realizó con el fin de analizar los rendimientos obtenidos al final de este estudio; el cual se llevó a cabo en la finca "El Reposo", ubicada en el municipio de Morazán, departamento de Chinandega. Para la ejecución de esta evaluación se utilizaron tres variedades de papa: CalWhite, Monte Carlo y Cardinal, cuyas variedades fueron seleccionadas mediante estudios previos realizados en el Centro Experimental Agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería (CEA-UNI). El agua suministrada a las plantas fue mediante el funcionamiento de un sistema de riego por goteo para el cual se elaboró su respectivo diseño, aplicando así la cantidad requerida en dependencia del uso consultivo del cultivo.

II. ANTECEDENTES

Los primeros datos acerca de la introducción de la papa en Cuba aparecen en una comunicación presentada el 7 de Febrero de 1798 al real Consulado Español, a través de la junta de fomento de la isla de Cuba, en la que se exponían algunos problemas para la obtención de semillas en el país (López, et al.,1995).La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), con el Gobierno del Perú, designó a 2008 como "Año Internacional de la Papa", distinguiendo así a uno de los cultivos de mayor relevancia para la alimentación de la humanidad (FAO, 2008).

Según FAO, la producción nicaragüense de papa, proviene de la siembra de 2,300 hectáreas que producen cerca de 37 mil toneladas. Estas siembras se realizan principalmente en los departamentos de Jinotega, Estelí y Matagalpa; dentro de estos departamentos existen zonas con mayor inclinación a la siembra tales como los municipios de San Ramón en Matagalpa y San Nicolás en Estelí (FUNICA, 2007).

El Parque Tecnológico de la Universidad Nacional de Ingeniería en conjunto con Fundación para el Desarrollo Tecnológico, Agropecuario y Forestal de Nicaragua(FUNICA) y el apoyo de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Facultad Tecnología de la Construcción (FTC) en un trabajo colaborativo con el fin de desarrollar nuevas áreas de producción de papa como una alternativa a la problemática de los suelos contaminados y explotados de las zonas tradicionales de cultivo realizaron en 2013 la primera validación del cultivo de papa en zonas de poca altitud, en el Centro Experimental Agrícola (CEA-UNI), ubicado en el municipio de Tisma, departamento de Masaya, dando como resultado que entre las tres variedades estudiadas (CalWhite, Diamante y Granola) la que mejor se adaptó a las condiciones del estudio fue la variedad CalWhite, con un rendimiento de 2.91 kg/m² (García y Alemán, 2013).

III. JUSTIFICACION

En el transcurso de los años se han venido estableciendo diversos cultivos, los cuales han pasado a formar parte de la alimentación básica, dentro de estos, se encuentra la papa, que actualmente se cultiva en el norte del país, dado que esa región presta condiciones más favorables que el resto de los departamentos. Los factores que limitan la producción de papa en Nicaragua son la escasez de semilla, los altos costos de producción, pero sobre todo la baja calidad de los tubérculos. La alternativa del uso de semilla sexual de papa en lugar de la propagación convencional por tubérculo–semilla, permite reducir los costos y disminuir los problemas relacionados con las enfermedades transmitidas por propagación (INTA, 2004).

A nivel de producción nacional, los rendimientos de papa son muy bajos, además de ser un producto de baja calidad debido al alto índice de plagas y enfermedades que atacan a este cultivo, por lo que únicamente se produce en la zona norte del país aproximadamente el 40% del consumo nacional (principalmente en los departamentos de Matagalpa, Jinotega y Estelí), lo cual conlleva a obtener el restante mediante importaciones de países vecinos, elevándose así los costos del mismo.

En el presente estudio, se consideró nuevamente el cultivo de la variedad CalWhite debido a que en el primer estudio titulado “*Evaluación de la adaptabilidad de tres variedades de papa (Solanum tuberosum L.) al clima cálido de zonas de poca altura del pacífico de Nicaragua*”, (García y Alemán, 2013) fue la variedad que presentó mejores resultados respecto a rendimiento por hectárea y resistencia a las altas temperaturas.

Debido a los factores anteriormente mencionados, surgió la necesidad de ejecutar una segunda validación sobre la adaptabilidad de tres variedades de papa: CalWhite, Monte Carlo y Cardinal en la zona de Occidente del país, en el departamento de Chinandega, con el fin de poder suplir la demanda restante de nuestro país.

IV. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la adaptabilidad del cultivo de la papa utilizando las variedades CalWhite, Monte Carlo y Cardinal en la finca "El Reposo" ubicada en el Municipio de Morazán, departamento de Chinandega.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio.
- Definir la adaptación de las variedades de papa mediante el estudio de variables de desarrollo vegetativo y de producción.
- Determinar la rentabilidad del cultivo de papa en Morazán, mediante el análisis de costo-beneficio.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. INTRODUCCIÓN DEL CULTIVO A NICARAGUA

En los años ochenta hubo un crecimiento y expansión del área cultivada de papa en la región I, en la zona de Mirafior, Estelí, y el valle de Jalapa que permitió la creación del programa nacional de papa en 1986.

El área cultivada en 1986 pasó de 35 a 750 hectáreas y la producción de 341 a 11,300 toneladas métricas sólo en la región 1, según datos del programa nacional de papa.

Para el año 1990 el cultivo se extendió a casi todas las zonas de la región uno y sexta región del país y se iniciaba en algunas zonas de Carazo. En el período del 90 al 96 se cultivaron 1,000 hectáreas según los indicadores del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), cuya producción fue de 13,286 toneladas métricas de papa, de las cuales se comercializaron el 70% aproximadamente, pero en 1998 el área de producción se redujo a un poco más de 450 hectáreas para una producción estimada de 5,100 toneladas.

En 1999 las zonas productoras de papa que registra el INTA se localizan en la parte norte y noroeste del país; el 60% se encuentra en Jinotega; el 25% Matagalpa y el 15% en Estelí.

Sin embargo el sistema de información geográfico del MAGFOR indica que las mejores zonas para el cultivo son Jinotega 51,102 hectáreas, el Jícaro y Jalapa con 13,278 hectáreas y Estelí con 4,355 hectáreas (MAGFOR, 1999).

5.2. CULTIVO DE LA PAPA (*Solanum Tuberosum* L.)

5.2.1. ORIGEN

El centro de origen de la papa se ubica entre Perú y Bolivia, cerca del lago Titicaca para la subespecie andigenum, aunque existen muchas especies silvestres en México, Guatemala, Ecuador y Chile; en este último, la Isla Chiloé se considera el centro secundario de la subespecie tuberosum (Román, M; Hurtado, G, 2002). En 1537 Juan de Castellanos hizo la primera referencia de la papa cultivada en el Perú.

Alrededor del 70 % de las papas nativas de Perú, pertenecen a la sub-especie tuberosum. En la parte central de México se originaron especies silvestres de papa que se caracterizan por su tolerancia a la enfermedad conocida como tizón tardío, provocada por el hongo *Phytophthora infestans*.

5.2.2. TAXONOMÍA

La papa pertenece a la familia Solanácea, las especies cultivadas son las tetraploides ($2n = 48$) y algunas triploides, que pertenecen a las especies *Solanum tuberosum* y *S. andigenum*. La primera es generalmente de días y ciclos cortos (90 a 100 días), de forma alargada, piel lisa, yemas superficiales, el color de la pulpa es crema a amarilla, piel rosada, roja o beige. La especie *Solanum andigenum* es de días largos, ciclo tardío, color de piel variable, la pulpa es blanca o amarilla. Existen variedades que son mezclas de ambas especies.

Clasificación científica

Reino : Plantae

Orden : Solanales

División : Magnoliophyta

Familia : Solanáceas

Clase : Magnoliopsida

Género : *Solanum*

Subclase : Asteridae

Especie : *Tuberosum*

5.2.3. MORFOLOGÍA

- **La raíz**

Las que provienen de semilla sexual, son delgadas, de ellas salen las radículas laterales. Las plantas que crecen directamente del tubérculo, desarrollan raíces adventicias en los nudos del tallo y un sistema radicular generalmente a profundidad entre 46 a 50 cm.

- **Hojas**

Las hojas de la planta adulta son generalmente compuestas, con folíolos primarios y secundarios. El folíolo terminal es de mayor tamaño que los laterales; la forma varía desde orbicular hasta lanceolada. La superficie puede ser opaca o brillante, de color verde oscuro, púrpura, violáceo o verde claro, glabrescente o densamente pubescente.

- **El tallo**

El tallo es grueso, fuerte y anguloso, con una altura que varía entre 0,5 m y 1 m, se origina en las yemas del tubérculo.

Posee un tallo aéreo; que puede ser ramificado, hueco y triangular en su sección transversal. Se considera principal, al que crece directamente del tubérculo y a las ramas laterales de éste, se les denomina tallos secundarios.

A la vez que tallos aéreos, la planta tiene tallos subterráneos. Los primeros son de color verde. Contienen un alcaloide tóxico (la solanina), que puede formarse también en los tubérculos cuando éstos se exponen prolongadamente a la luz.

Los tallos subterráneos o estolones, relativamente cortos, se convierten en su extremidad en tubérculos.

- **Las flores**

Son pentámeras, de colores diversos, tienen estilos y estigmas simples y ovario bilocular, la inflorescencia de la papa es una cima terminal que puede ser simple o compuesta.

No todas las variedades provenientes de papa-tubérculo y de semilla sexual florecen y forman bayas, en las variedades provenientes de semilla sexual la floración se retarda una o dos semanas más, las flores se auto polinizan en un 98 % y un 2 % de polinización cruzada.

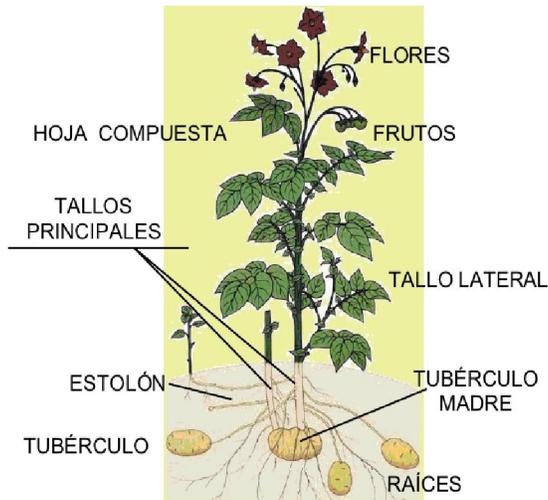
- **El fruto**

Es una baya de color verde, donde se encuentra la verdadera semilla sexual, es de forma redonda y llega a medir hasta 2.5 cm, en el interior del fruto crecen las semillas, unas 200 por baya, el tiempo de maduración de las bayas es de 45 a 60 días después de la floración.

- **Tubérculos**

Los tubérculos comienzan a formarse a partir de los estolones, que son tallos laterales que crecen dentro del suelo y son emitidos por los tallos principales, cuando la planta comienza la floración (en variedades que florecen), esto ocurre entre los 35 a 45 días después de la siembra, los tubérculos están formados a los 60 días, desarrollándose hasta cuando la planta alcanza su madurez fisiológica: 90 días para variedades precoces; 110 a 120 días para variedades de ciclo intermedio y más de 120 para variedades tardías.

Figura No 1: Partes de la planta de papa.

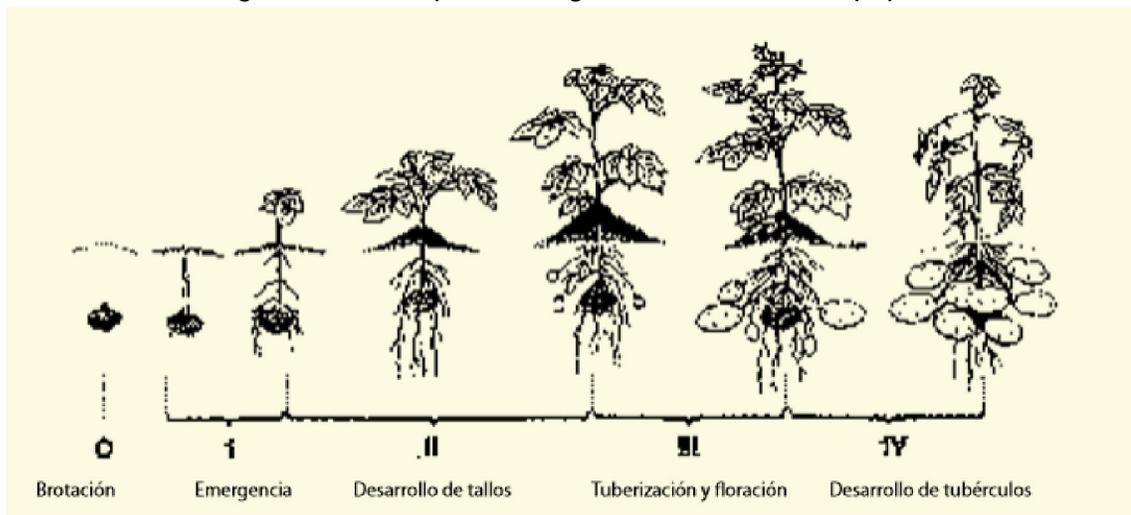


Fuente: <http://es.slideshare.net/guest2de23d/papa>

5.2.4. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE LA PAPA

El cultivo de la papa presenta diversas fases o etapas, en cada una de ellas se deben considerar acciones de manejo, así como observarlas para determinar qué hacer con respecto al manejo de plagas que se presenten.

Figura No. 2: Etapas fenológicas del cultivo de la papa.



Fuente: Manejo integrado de plagas, 2004

- **Dormancia o reposo de la semilla**

Es el período que transcurre entre la cosecha y la brotación. Para el tubérculo semilla, esta etapa dura de 2 a 3 meses y para la semilla sexual entre 4 a 6 meses. La dormancia puede ser rota o inducida por heridas o alguna enfermedad en el tubérculo; en estos casos la brotación ocurre en menor tiempo. También puede inducirse por tratamiento químico, utilizando el ácido giberélico en dosis de 1 a 5 ppm.

- **Brotación**

Ocurre cuando comienzan a emerger las yemas de los tubérculos; dura de dos a tres meses, luego la papa está apta para sembrarse; es ideal que los tubérculos presenten por lo menos tres brotes cortos, fuertes y que tengan una longitud de 0.5 a 1 cm.

- **Emergencia**

Los brotes emergen a los 10-12 días de tubérculos, y de 8 a 12 días de semilla sexual, cuando son plantados en el campo y tienen las condiciones adecuadas de temperatura y humedad en el suelo, para su desarrollo.

- **Desarrollo de tallos**

En esta etapa, hay crecimiento de follaje y raíces en forma simultánea; dura entre 20 a 30 días.

- **Tuberización y floración**

La floración es señal de que la papa comienza a emitir estolones o que inicia la tuberización. En variedades precoces, esto ocurre a los 30 días después de la siembra; en variedades intermedias, entre los 35 a 45 días; y en las tardías entre 50 a 60 días. Esta etapa dura unos 30 días.

Los tubérculos alcanzan la madurez fisiológica a los 75 días en variedades precoces; 90 días para intermedias y 120 días para variedades tardías. En esta etapa los tubérculos pueden cosecharse y almacenarse.

5.2.5. REQUERIMIENTOS EDAFO-CLIMÁTICOS

5.2.5.1. Tipos de suelos requeridos

Los suelos ideales son los francos y franco arenosos, fértiles, sueltos, profundos, drenados, ricos en materia orgánica y con un pH de 4.5-7.5 (*ver ANEXO I: Cuadro1*).

Además deben ser de textura liviana, con buen drenaje y con una profundidad efectiva mayor de los 0.50 m, que permitan el libre crecimiento de los estolones y tubérculos y faciliten la cosecha. (Cortez, M; Hurtado, G, 2002).

5.2.5.2. Condiciones de temperatura y humedad

- **Temperatura**

La papa se puede cultivar en lugares donde la temperatura mínima nocturna sea de 18° C como máximo, sin importar mucho la temperatura diurna, aunque se prefiere climas con temperaturas bajas. Conforme la temperatura mínima es más alta la producción disminuye, en cambio entre 12^oC y 18^oC la producción es mejor tanto en follaje y tallos como de tubérculos.

La planta de la papa debe recibir el estímulo de temperaturas bajas (frio). Las condiciones de temperatura ideales son las comprendidas entre 10^oC y 20^oC en las que la respiración es todavía baja (CENTA, 2002).

Generalmente la papa es considerada como un cultivo de clima frío, pero se adapta a temperaturas de zonas altas en latitudes tropicales. Cuando se cultiva bajo condiciones templadas a cálidas, se producen alteraciones en la fisiología de la planta, que influyen en su adaptación y rendimiento potencial.

- **Humedad**

Para satisfacer las necesidades de agua, la papa necesita entre 400 y 800 mm de agua, de acuerdo con las condiciones climáticas y de la duración del cultivo. Se debe considerar que el exceso de agua en el suelo, provoca un desarrollo pobre de las raíces, la pudrición de los tubérculos recién formados y de los que se utilizan como semilla, los cuales son especialmente susceptibles a la pudrición.

La etapa más crítica en que la deficiencia de humedad en el suelo perjudica el cultivo, es la de formación de los tubérculos.

La excesiva variación de la humedad del suelo afecta la calidad de los tubérculos. Además, después de una sequía prolongada, el agua puede causar un segundo crecimiento de las plantas.

Se debe evitar sembrar este cultivo en zonas muy expuestas al viento, principalmente a las brisas, las cuales, además de su efecto de secante, provocan herida en el follaje y poco crecimiento de las plantas.

5.2.5.3. Preparación del suelo

La preparación del suelo juega un papel importante en el cultivo de papa. El número de labores y el tipo de implementos utilizados serán distintos según el estado que presente el terreno. Las labores de preparación dependen del tipo de suelo, la humedad y las condiciones climáticas (Muñoz y Cruz, 1984; Neira, 1986; Oyarzún *et al.*, 2002).

- **Sistemas de labranza**

Existen al menos tres sistemas de labranza:

- **Labranza manual:** Normalmente se utiliza en lotes con pendientes pronunciadas. Se basa en el trabajo del hombre y en la tracción animal mediante implementos tradicionales o mejorados, para labores de aradura, surcado o rastra (Muñoz y Cruz, 1984; Oyarzún *et al.*, 2002).

- **Labranza mecanizada:** Se hace mediante tractores e implementos como arados de discos y vertedera, rastras y surcadoras. El arado de discos y rastra de discos son efectivos para terrenos en descanso (potreros viejos), mientras que el arado de vertedera permite incorporar en forma más eficiente el material vegetal (Muñoz y Cruz, 1984; Oyarzún *et al.*, 2002).
- **Labranza de conservación o reducida:** Consiste en reducir al mínimo el laboreo del suelo, con el fin de preservar sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Oyarzún *et al.*, 2002).
- **Principales labores de siembra**
 - **Arada:** Se realiza unos dos meses antes de la siembra. Consiste en la roturación de la capa superficial, a fin de aflojar el suelo, incorporar los residuos vegetales y controlar malezas. En suelos pesados una arada profunda puede mejorar la estructura. Se aconseja un período de 15 a 30 días entre aradas a fin de permitir una adecuada descomposición de los residuos vegetales. La profundidad aproximada de la arada es de 30 cm (Muñoz y Cruz, 1984; Oyarzún *et al.*, 2002; Pumisacho y Velásquez, 2009).
 - **Cruza:** Esta actividad le sigue a la arada, y se realiza en sentido contrario. Tiene como fin romper los terrones grandes (Pumisacho y Velásquez, 2009).
 - **Rastra:** Involucra pases cruzados del campo para desmenuzar los terrones del suelo, a fin de obtener una cama superficial suelta, de 10 a 20 cm de profundidad (Muñoz y Cruz, 1984; Oyarzún *et al.*, 2002; Pumisacho y Velásquez, 2009).

Los implementos utilizados para realizar estas labores pueden ser:

- Cultivadores con púas rectas.
- Cultivadora reciprocante.
- Rotavator.
- Rastra de discos.

- **Desinfección del suelo:** Antes de sembrar es necesario realizar el combate de ciertas plagas del suelo, en lugares donde existen problemas (Muñoz y Cruz, 1984; Neira, 1986).
- **Surcado:** Se debe realizar un día antes de la siembra con el fin de mantener la humedad en el terreno.

La distancia entre surcos está determinada por:

- La topografía del terreno.
- La costumbre local.
- Los implementos disponibles.
- El hábito de crecimiento de la variedad sembrada.(Neira,1986)

En terrenos inclinados se debe seguir las curvas de nivel o trazarlos perpendiculares a la pendiente. Los surcos deben tener una gradiente del 2% y su profundidad puede ser de 10 a 15 cm. Como regla general las variedades nativas requieren de surcos más anchos que las variedades mejoradas (Muñoz y Cruz, 1984; Neira, 1986; Oyarzún *et al.*, 2002; Pumisacho y Velásquez, 2009).

5.2.6. SIEMBRA

La calidad de la siembra influye en el éxito del cultivo de la papa. La siembra correcta asegura una emergencia rápida y uniformidad del cultivo. Un cultivo uniforme hace más fáciles las labores culturales y permite la identificación visual de plantas enfermas (Neira, 1986).

5.2.6.1. Profundidad de siembra

Depende de la humedad y temperatura del suelo, del tamaño de los tubérculos y sus brotes (Muñoz y Cruz, 1984; Neira, 1986; Oyarzún *et al.*, 2002). Cuando hay suficiente humedad, los tubérculos deben ser tapados con una capa de 5 cm de tierra. En terrenos secos se recomienda taparlos con una capa de 8 a 12 cm de tierra (Muñoz y Cruz, 1984; Oyarzún *et al.*, 2002).

5.2.6.2. Distancia de siembra

La distancia de siembra depende de: la variedad, las condiciones de crecimiento y el tamaño deseado de los tubérculos a la cosecha (tubérculos medianos a grandes para consumo y procesos industriales; tubérculos pequeños destinados a semilla y congelados) (Muñoz y Cruz, 1984; Neira, 1986; Oyarzún *et al.*, 2002). La distancia entre surcos puede ser de 0.90 a 1.20 m, dependiendo de la variedad. Si es de origen *tuberosum*, la distancia debe ser menor, como Súper chola la distancia debe ser mayor (Pumisacho y Velásquez, 2009). Muñoz y Cruz (1984) recomiendan distancias de 0.15 a 0.60 m entre plantas, y distancias de 0.90 a 1.60 m entre surcos. Pumisacho y Velásquez (2009) recomiendan distancias de 0.30 a 0.50 m entre plantas, y distancias de 1.00 a 1.20 m entre surcos. En la producción de semilla se recomienda distancias de 1 m entre surcos y 0,25 m entre plantas. (Ver ANEXOS I: Figura2)

5.2.6.3. Densidad de siembra

Tradicionalmente, la densidad de un cultivo se ha expresado como número de plantas por unidad de área. Sin embargo, en el cultivo de papa cada planta proveniente de un tubérculo forma un conjunto de tallos, cada uno de los cuales forma raíces, estolones y tubérculos. Como resultado, la densidad efectiva de una parcela de papa equivale a la densidad de plantas multiplicada por la densidad de tallos (Neira, 1986; Oyarzún *et al.*, 2002).

5.2.6.4. Densidad de tallos

A menor densidad de tallos corresponde menor cantidad de tubérculos en su mayoría de tamaño grande, pero se reduce el número de tubérculos por unidad de área. Con el aumento de la densidad de tallos se produce gran cantidad de tubérculos de tamaño pequeño y aumenta el número de tubérculos por unidad de área (Neira, 1986; Oyarzún *et al.*, 2002). La densidad de los tallos se puede calcular con más precisión al momento de la madurez fisiológica, cuando es más fácil separar los tallos principales de los secundarios. El tallo principal nace del

brote del tubérculo-semilla, en tanto que el tallo secundario nace de la yema subterránea del tallo principal (Pumisacho y Velásquez, 2009).

El número de tallos principales depende del tamaño de la semilla, variedad, número de brotes y método de siembra. A su vez, el número de brotes depende del número de brotes por tubérculo y del número de tubérculos sembrados. Finalmente, el número de brotes por tubérculo depende del tamaño de la semilla, de la variedad, del tratamiento que se haga a la semilla y de la edad fisiológica de la misma. Las variedades nativas se caracterizan por generar un gran número de tallos, mientras que las mejoradas tienden a producir de tres a cuatro tallos por tubérculo-semilla (Neira, 1986; Oyarzún *et al.*, 2002).

Se debe tener en cuenta que en condiciones de baja producción, la alta densidad de tallos reducirá el rendimiento. En la producción de papa para semilla se busca generalmente reducir el tamaño del tubérculo. Por eso se usa una densidad más alta que en la producción de papa para consumo.

5.2.7. LABORES CULTURALES

Las labores o prácticas culturales comprenden tres actividades básicas: el retape, el rascadillo y los aporques. Estas labores pueden efectuarse manualmente, por tracción animal o tracción mecánica, y se realizan después de que las plantas han emergido (Oyarzún *et al.*, 2002). La anticipación o retraso de estas prácticas afecta el desarrollo del cultivo (Neira, 1986).

5.2.7.1. Rascadillo o deshierba

Mediante esta labor se controla las malezas y se remueve superficialmente el suelo para evitar la pérdida de humedad. Esta labor se realiza de 30 a 50 días después de la siembra. Sin embargo, esto depende de la humedad presente y de la preparación del suelo. Si el nivel de humedad es bajo y si el suelo se ha preparado en forma adecuada, la cantidad de malezas será menor. En extensiones pequeñas se puede realizar esta labor en forma manual utilizando azadón, o por tracción animal.

En extensiones grandes o de topografía ligeramente plana se puede utilizar un cultivador *tiller* (Muñoz y Cruz, 1984; Neira, 1986; Oyarzún *et al.*, 2002; Pumisacho y Velásquez, 2009)

5.2.7.2. Medio aporque

El medio aporque es un primer colme de tierra alrededor de las plantas y a lo largo de la línea de siembra. La época propicia para realizar esta labor se encuentra entre los 50 a 80 días después de la siembra. Su función es proporcionar soporte a la planta, aflojar el suelo y controlar malezas. Esta labor se realiza en forma manual o en forma mecanizada (tractor o yunta), (Muñoz y Cruz, 1984; Neira, 1986; Oyarzún *et al.*, 2002; Pumisacho y Velásquez, 2009).

5.2.7.3. Aporque

Esta labor se realiza entre los 90 y 110 días después de la siembra. Cumple las mismas funciones que el medio aporque, además de brindar un ambiente propicio para la tuberización.

5.2.8. VARIEDADES DE PAPA

5.2.8.1. CalWhite

CalWhite fue seleccionada en Idaho, de un cruce de Pioneer x BC8370-4. Fue probada extensivamente por la Universidad de California como A76147-2 y puesto en libertad en 1997 por las Estaciones Experimentales de California e Idaho y el USDA.

La variedad CalWhite es de maduración media, produce un alto rendimiento de tubérculos, de piel blanca y forma oblonga. Las plantas son grandes, con un hábito de crecimiento vertical. Los tallos son sin pigmentar y ligeramente hinchados, de hojas grandes, la luz verde y rugosa en apariencia. Las flores son de tamaño medio y moderado en el número. Los brotes son verdes, con Corola blanca y anteras amarillas. Los tubérculos tienen una superficie lisa, blanca para pulir la piel de color que puede tomar un color rosa ligero cuando se expone a la luz de

baja intensidad. Tienen forma oblonga, ligeramente aplanada. Los ojos son poco profundos, moderado en el número y ampliamente espaciados cerca del extremo del tallo. La latencia es corta. (The Potato Association of America, 2015).

Figura No 3: Variedad CalWhite



Fuente: www.ecrome.com

5.2.8.2. Montecarlo

Características

- Su ciclo es Semi-Precoz.
- Las hojas presentan un color rojo claro y el color de la carne es blanco.
- La forma que desarrollan los tubérculos es ovalada, con profundidad de los ojos muy superficial y de calibre mediano.

Figura No 4: Variedad Monte Carlo



Fuente: www.ecroma.com.ni

5.2.8.3. Cardinal

De origen holandés, Cardinal tiene un periodo semi-tardío (140 a 160 días), tubérculos grandes, ovalados de ojos (yemas) superficiales, color de piel rojo y pulpa amarilla, alta calidad culinaria y mediana conservación.

Características

- La cardinal es una variedad de alto rendimiento, de corta latencia y es utilizada para la producción de papa temprana.
- Produce tallos largos y gruesos y hojas grandes de color verde oscuro.
- Los tubérculos son ovalados y puntiagudos que tienen la piel roja y carne amarilla clara.
- Tiene resistencia al nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*) y al tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Figura No 5: Variedad Cardinal



Fuente: www.semillas-sz.com/productos.html

5.3. PLAGAS Y ENFERMEDADES

5.3.1. PLAGAS

El cultivo de la papa al igual que las hortalizas es afectado por diferentes plagas, tales como la gallina ciega, gusano alambre, pulgón saltador, mosca blanca, polilla de la papa, entre otras. Las cuales afectan el desarrollo del cultivo.

5.3.1.1. Gallina ciega (*Phyllophaga* spp.)

La gallina ciega es una de las plagas del suelo más importantes en América Central, esta es la larva de los escarabajos o ronrones, esta plaga es de gran daño para el cultivo ya que pueden causar pérdidas importantes principalmente en cultivos jóvenes. Los adultos de la Gallina Ciega salen del suelo después de las primeras lluvias, una vez que aparecen vuelan hacia los árboles cercanos en donde se aparean y las hembras regresan al suelo donde ponen huevos de tamaños pequeños, de los cuales salen larvas de color blanco cremoso que miden de 1.0 a 2.5 centímetros. Tienen forma de C y el cuerpo arrugado y la cabeza es de color café o café amarillento.

La gallina ciega pasa por las siguientes etapas de desarrollo: Huevo, larva, pupa y adulto. La etapa de larva recibe el nombre de gallina ciega y es el estado más dañino para el cultivo causando la destrucción de los tubérculos. Las larvas se alimentan de materia orgánica y de los rastrojos dejados en el suelo.

- **Daños:** La gallina ciega ataca las raíces del cultivo por lo que puede causar pérdidas ya que las plantas se debilitan por la falta de anclaje y de absorción de nutrientes, también se pueden presentar problemas por la entrada de patógenos como hongos del suelo, los cuales causan pérdidas considerables en el cultivo.

Las larvas destruyen los tubérculos recién sembrados y causan serios daños a la cosecha. También se alimentan de las raíces aproximadamente a una pulgada por debajo de la superficie del suelo.

- **Control:** El uso de diferentes medidas de control en el momento indicado son la mejor herramienta para controlar esta plaga. La siembra de cultivos en meses bien definidos, la eliminación de plantas hospederas así como una buena preparación del terreno y el uso de insecticidas biológicos son medidas eficientes antes del uso de insecticidas químicos. Los insecticidas químicos son comúnmente utilizados por su rapidez de acción, su eficacia y por su espectro de control.

Figura No 6: Gallina ciega



Fuente: <http://www.happyflower.com.mx/>

5.3.1.2. Gusano alambre (*Agriotes* spp.)

Los gusanos de alambre son coleópteros, en los que el adulto, que no es dañino, pardo negruzco, mide de 10 a 15 mm y se caracteriza por su salto y haciendo un ruido seco para reestablecerse para la marcha.

Las larvas tienen un tamaño comprendido entre 5 y 25 mm según su edad. Las especies más dañinas pertenecen al género *Agriotes*.

Para poder vivir requieren terrenos húmedos ya que al tener la cutícula muy fina, son sumamente sensibles a la sequía, muriendo rápidamente cuando no encuentran condiciones favorables para su desarrollo.

Al llegar la larva a su mayor desarrollo profundiza en el terreno, se fabrica una pequeña celda terrosa, en la que se aloja y pierde su última muda, convirtiéndose en pupa. La pupa es blanca y muy delicada, al acercarse la época de su

transformación se oscurece. Este período dura tres o cuatro semanas, apareciendo después el adulto.

➤ **Daños:** En el cultivo de la patata las larvas, cuando han llegado a cierto grado de madurez, abren galerías en los tubérculos más o menos profundas, de 2 a 4 mm de diámetro como máximo según el estado larvario y cuyas paredes se recubren muy pronto de un tejido tuberoso de cicatrización. Además los agujeros que realizan son vía de entrada para organismos patógenos como hongos y bacterias. Sin embargo, a diferencia de la polilla de la patata (*Phthorimaea operculella*) el agujero suele ser bastante limpio. Estas galerías inhabilitan los tubérculos para su comercialización, ya que las actuales exigencias del mercado dan una importancia relevante a la calidad. Además, el cultivo de la patata es especialmente susceptible al ataque del gusano de alambre. Incluso poblaciones inferiores a 100,000 larvas por hectárea pueden causar daño económico.

➤ **Control:** Evitar es a menudo el mejor control para las plagas difíciles como el gusano de alambre. Evita plantar papas en áreas en las que sabes que tienes estos gusanos.

Evitar plantar el cultivo de papa en áreas que alguna vez fueron césped o eran simplemente malezas. Los gusanos de alambre proliferan en estas áreas y se alimentarán rápidamente de las papas plantadas en ellas. Son menos propensos a sobrevivir en suelos bien drenados. Los gusanos de alambre están más cerca de la superficie del suelo cuando la temperatura está alrededor de 70 grados. Labrar la tierra a esta temperatura, ya sea en primavera o en otoño puede llevarlos a la superficie y atraer a los depredadores.

Figura No 7: Gusano alambre.



Fuente: Manejo de plagas y enfermedades,2011

5.3.1.3. Pulgón Saltador. (*Paratrioza cockerelli*)

La Paratrioza es un insecto que posee una alta tasa de reproducción, produce migraciones explosivas y colonizan muy rápidamente; su dinámica poblacional no tiene un patrón definido. Son transmisores de virus y/o fitoplasmas que causan daños irreversibles son de difícil control con insecticidas convencionales por su biología y hábitos. Un control eficaz requiere de un programa de manejo donde se usen productos específicos y otros de mantenimiento efectivos para cada condición.

El adulto es un insecto chupador de color café oscuro a negro, con alas transparentes en forma de tejido. Deposita huevecillos amarillo-naranja. El estado juvenil se llama ninfa, las cuales son en forma de escamas y color verde amarillento, consta de 5 instares, viven por lo general, en el envés de la hoja, durante las 3 primeras etapas son casi inmóviles. Los adultos son los responsables de la diseminación de la enfermedad a corta y larga distancia (Garzón Tiznado, 2002).

- **Daños:** Esta plaga puede succionar la savia de la planta, la saliva de la ninfa es toxinífera y provoca el amarillamiento de la planta. Además, las ninfas producen secreciones cerosas blanquecinas con apariencia de sal (salerillo), que llega a afectar la calidad de los frutos.

Ocasiona la transmisión de fitoplasmas tanto por las ninfas como por los adultos, transmite el fitoplasma asociado al síndrome permanente del tomate y el asociado a la punta morada de la papa.

Ambos son transmitidos por el insecto en forma semipersistente; es decir, puede transmitirse a partir de 15 minutos de adquirido. En todas las etapas de desarrollo, la paratrioza se alimenta de las hojas mediante un estilete. (Garzón Tiznado, 2002)

- **Control:** El uso de diferentes medidas de control en el momento indicado son la mejor herramienta para controlar esta plaga. La siembra de cultivos en meses bien definidos, la eliminación de plantas hospederas así como una buena preparación del terreno son medidas eficientes antes del uso de insecticidas químicos. Los insecticidas químicos son comúnmente utilizados por su rapidez de acción, su eficacia y por su espectro de control (Garzón Tiznado, 2002).

Figura No 8: Pulgón Saltador.



Fuente: www.oirsa.org

5.3.1.4. Mosca blanca. (*Bemisia tabaci*)

Las moscas blancas son una de las plagas más importantes de las hortalizas, Los adultos son pequeños insectos de aproximadamente 1 mm de longitud, con el cuerpo amarillo y las alas blancas. Hay tres especies de moscas blancas que atacan normalmente a las hortalizas. Las más importantes son *Trialeuorodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* que atacan a casi todos los cultivos de huerta. A la hora de un buen control es importante diferenciar ambas moscas. Hay otra mosca

blanca que es específica de las coles y similares (*Aleyrodes proletella*) pero da menos problemas.

Las dos especies son difíciles de distinguir en estado de adulto. Una manera de diferenciarlas sería por las alas. Con una lupa se puede observar que *Bemisia tabaci* coloca sus alas a modo de 'tejado' sobre su abdomen, formando un ángulo aproximado de 45° con el plano de la superficie de la hoja, mientras que *Trialeuorodes vaporariorum* las coloca de forma más horizontal (Santos Coello, et al., 2009).

- **Daños:** Los daños ocasionados por mosquita blanca en los cultivos son diversos, dichos daños se mencionan a continuación:

Ataques muy severos hacen que la planta no desarrolle, ocasionando pérdida total en etapas iniciales del cultivo.

Ataques no muy severos (baja población), pero infección por virus: puede ocasionar un daño severo si el ataque es temprano debido a que trasmite virus que deforma la planta con apariencia de clorosis muy severa, principalmente en brotes y frutos nuevos.

Frutos no maduran: cuando el ataque es al fruto, estos no maduran adecuadamente (rojo), se observan franjas blancas en donde hubo el ataque.

- **Control:** Cuando se aplican insecticidas contra la mosca blanca, estos deben ser sistémicos y aplicarse a la semilla para que la plántula esté protegida cuando salga de la tierra. Después de unos 20 días de crecer las plantas en el campo o en túneles, se debe aplicar otra vez un insecticida sistémico foliar para que las plantas estén protegidas durante el primer mes.

Figura No 9: Mosca Blanca



Fuente: www.publico.es

5.3.1.5. Polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*)

En las zonas paperas de Nicaragua, han sido reportadas las especies *Phthorimaea operculella* (zell) que por su daño y distribución tiene mayor importancia y la especie *Tecia solanivora*.

Los adultos de la palomilla de la papa son de hábitos nocturnos y ovipositan individualmente sobre la superficie de las hojas. Las larvas recién emergidas minan las hojas y a medida que se desarrollan afectan los brotes uniéndolos con hilos de seda.

La especie *P. operculella* barrena las ramas terminales y minan la superficie de la base del tallo. Al finalizar el período vegetativo pueden ovipositar directamente sobre las yemas de los tubérculos cuando éstos están expuestos. El empupamiento lo realiza en el suelo o sobre las yemas de los tubérculos.

- **Daños:** Los daños de ambas especies son producidos por las larvas al minar las hojas y afectar los brotes, produciendo un desecamiento del follaje. El daño más importante es el causado a los tubérculos, generalmente, las larvas entran por las yemas y construyen galerías irregulares cerca de la piel, al segundo o tercer día se observa el excremento de color café oscuro en la entrada de las galerías. Los adultos y larvas pueden alcanzar fácilmente a los tubérculos, al introducirse por las grietas que se forman cuando el terreno está seco.

- **Control:** Destruir los tubérculos contaminados, asegurar rotaciones largas, desinfectar el suelo o hacer tratamientos insecticidas en vegetación o antes de la conservación.

Figura No 10: Polilla de la papa.



Fuente. Manejo de Plagas y enfermedades, 2011.

5.3.2. ENFERMEDADES

5.3.2.1. Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

Es una enfermedad grave, provocada por el hongo llamado *Phytophthora infestans* y se desarrolla rápidamente cuando existen temperaturas bajas y mucha humedad. A pesar de que existen medidas de control, el tizón tardío es el problema más grave entre las enfermedades fungosas de la papa (*Solanum tuberosum* L.). (García y Alemán, 2012).

- **Síntomas:** En las hojas se producen manchas necróticas de color marrón claro a oscuro. En los tallos aparecen manchas alargadas que los hacen quebradizos.
En los tubérculos: Manchas irregulares de color marrón rojizo y de apariencia húmeda en la superficie de los tubérculos. Al corte longitudinal se observan estrías necróticas que van de la superficie al centro del tubérculo.
- **Transmisión:** Esta es provocada principalmente por semilla infectada. También puede presentarse por Infecciones secundarias que se producen a través de tejidos foliares infectados.

- **Manejo:** Adelanto de época de siembra, eliminación de rastrojos del cultivo anterior y malezas, uso de semilla sana, uso de variedad resistente, evitar exceso de fertilización nitrogenada, distanciamientos adecuados entre plantas y entre surcos, aporques altos, alternancia de fungicidas (sistémico - contacto), corte de follaje antes de la cosecha, cosecha oportuna, selección de tubérculos, almacenamiento adecuado.

5.3.2.2. Rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*)

La rizoctoniasis conocida también con los nombres de costra negra (por la presencia de esclerocios en la superficie de los tubérculos afectados) y cancro del tallo (por las lesiones necróticas en los tallos), es una enfermedad que está presente en todas las zonas productoras de papa del mundo.

- **Síntomas:** En los brotes se presentan lesiones necróticas que estrangulan la planta. Presenta necrosis en las raíces, canchales en los tallos, tubérculos aéreos y canchales en los estolones. Mientras que en los tubérculos se presentan costras en la superficie.
- **Transmisión:** Esta enfermedad es transmitida por la semilla infectada. También puede presentarse en donde existan suelos infestados.
- **Manejo:** Eliminación de rastrojos del cultivo anterior y malezas, rotación de cultivos, uso de semilla sana, tratamiento de semilla con fungicidas, corte de follaje antes de la cosecha, cosecha oportuna y selección de tubérculos.

5.3.2.3. Roña de la papa (*Spongospora subterranea*)

La sarna polvorienta o roña de la papa es causada por *Spongospora subterranea*. Esta enfermedad tiene la capacidad de reducir directamente la calidad de los tubérculos producidos al generar lesiones superficiales que varían desde pústulas y cánceres hasta la deformación total del tubérculo, lo que dificulta su comercialización, tanto como tubérculo-semilla, como para consumo fresco e industrialización (Bittara et. al, 2012).

- **Síntomas:** Los primeros síntomas se manifiestan con la aparición de pequeñas ampollas de color claro en la superficie de los tubérculos. En una fase más avanzada, éstas ampollas se convierten en pústulas abiertas y oscuras con un diámetro de 2 a 10 mm o más grande; que contienen en su interior una masa polvorienta de esporas de color castaño oscuro. Las raíces pueden formar agallas de hasta 15 mm, cuando son muchas, reducen el vigor de la planta.

- **Manejo:** Fumigación del suelo con Metam sodio como una manera de controlar la sarna. Se puede reducir la incidencia de la enfermedad sembrando en suelos bien drenados y libres del patógeno y practicando una rotación larga del cultivo con pastos. El uso de variedades tolerantes es una estrategia eficaz para el manejo de la enfermedad.

5.4. EL RIEGO

Es la aplicación artificial de agua al cultivo en cantidad, calidad y oportunidad adecuada para dar las condiciones óptimas de humedad al perfil enraizable del suelo y compensar la evapotranspiración.

Dentro de los principales objetivos del riego esta dar la humedad necesaria y oportuna al suelo, además de evitar la erosión de este mismo. Otro de los objetivos es evitar la acumulación de sales, evitar el lavado de nutrientes, entre otros (Cieza, 2002)

5.4.1. MÉTODOS DE RIEGO

Los métodos de riego pueden clasificarse del siguiente modo:

Riego de superficie, o por gravedad, comprendiendo el riego por inundación, en canteros tradicionales y surcos cortos o en canteros con nivelado de precisión, el riego por infiltración en surcos o en fajas y el riego por escorrentía libre.

Riego por aspersión, con sistemas estáticos y disposición en cuadrícula, fijos o móviles, con sistemas móviles de cañón y sistemas de lateral móvil, pivotante o de desplazamiento lineal.

Riego localizado, o micro riego, comprendiendo el riego por goteo, por difusores y borboteadores, por tubos perforados o porosos, micro-aspersión y el riego sub-superficial por tubos perforados.

Riego subterráneo, realizado por el control de la profundidad de la capa freática. (Pereira et. al, 2002)

- **Riego por Goteo**

Es un sistema que permite aplicar el agua artificialmente a un cultivo, gota a gota, conducida por medio de conductos cerrados (tubería) hasta los dispositivos emisores que se conocen como goteros.

El agua de riego es transportada a través de una extensa red de cañerías o tuberías plásticas hasta cada planta; el aparato que emite el agua en el suelo se denomina emisor o gotero. Los emisores disipan la presión que existe en la red de cañerías por medio de un orificio de pequeño diámetro, o por medio de un largo camino de recorrido; de esta forma disminuye la presión del agua y permite descargar desde el sistema hacia el suelo solamente unos pocos litros por hora por cada gotero. Después de dejar el emisor, el agua es distribuida gracias a su movimiento normal a través de todo el perfil del suelo. De esta manera el volumen del suelo que puede ser mojado por cada punto emisor está limitado por las restricciones del movimiento horizontal y vertical del agua en el perfil del suelo.

- **Ventajas del riego por goteo**

- Se puede utilizar en todos los cultivos en hilera, es apropiado para hortalizas y frutales.
- Tiene una alta eficiencia en el uso del agua, se puede regar el triple del área regada por gravedad y el doble del área regada por aspersión.

- Se puede utilizar en terrenos con pendientes altas, y en suelos muy delgados.
- Es un método de fácil manejo, para su operación no necesita mano de obra experimentada.
- No es afectado por el viento.
- Se puede utilizar en zonas donde existen bajos caudales en las fuentes.
- Dado que no se moja toda la superficie del terreno, sino únicamente en una franja, el desarrollo de malezas es muy bajo comparado con los otros métodos.
- No existe erosión de los suelos.

- **Desventajas del riego por goteo**

- La principal desventaja de este método es la facilidad con que los orificios de los goteros se obstruyen, principalmente cuando se utiliza agua de mala calidad y no se hace un filtrado adecuado de la misma.
- Necesita una buena supervisión del riego, pues cuando los goteros se obstruyen no se puede apreciar desde lejos y al taparse un gotero se produce un crecimiento no uniforme del cultivo.
- Tiene un alto costo inicial y mayor capacidad de quien lo opere.

- **Componentes del riego por goteo**

Una instalación de riego por goteo debe contar como mínimo con los siguientes componentes:

- Fuente de energía
- Cabezal de control
- Red de tuberías
- Goteros o emisores
- Dispositivos de control.

VI. HIPÓTESIS

En la presente evaluación de las variedades de papa (*Solanum Tuberosum* L.) CalWhite, Monte Carlo y Cardinal en la zona cálida y de poca altitud en Nicaragua, se estudia la respuesta de dichas variedades a estas condiciones climáticas del pacífico, tanto en un buen desarrollo en todas sus etapas fenológicas como en rendimiento por hectárea.

6.1. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

De las tres variedades de papas a estudiar, al menos dos de ellas presentan un buen desarrollo fenológico y rentabilidad en la producción.

6.2. HIPÓTESIS NULA

Ninguna de las variedades a estudiar se adapta a las condiciones climáticas del pacífico de Nicaragua.

VII. METODOLOGÍA

7.1. LOCALIZACIÓN

7.1.1. MACRO-LOCALIZACION

La investigación se llevó a cabo en Tonalá, municipio de Morazán, departamento de Chinandega; el cual se localiza entre las coordenadas geográficas 12°50' de latitud Norte y 87°10' de longitud Oeste. El municipio se ubica a 150 Km al oeste de Managua y limita al Norte con Somotillo, al Sur con El Viejo, al Este con Chinandega y Somotillo y al Oeste con el municipio de El Viejo.

Figura No. 11: Macro-Localización. Puerto Morazán, Chinandega.



Fuente: Elaboración Propia

7.1.2. MICRO-LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la finca "El Reposo" ubicada en Tonalá, municipio de Morazán, departamento de Chinandega; el cual se localiza entre las coordenadas geográficas: 87° 08' 10.39" longitud oeste; 12° 46' 17.34" latitud norte, a 28 metros sobre el nivel del mar y con un área de 3 manzanas aproximadamente.

Figura No. 12: Micro-localización. Finca el Reposo, Tonalá. Puerto Morazán.

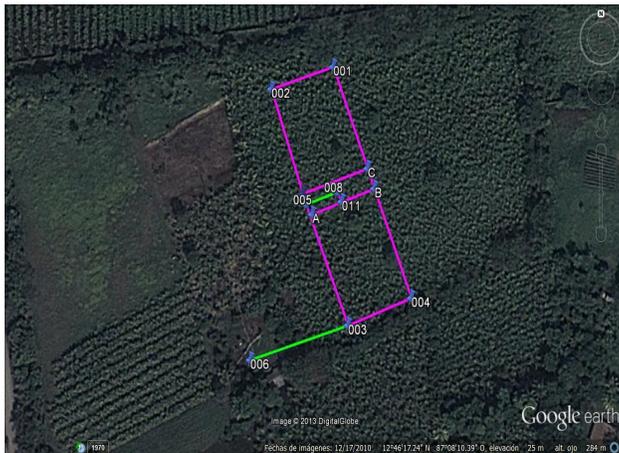


Fuente: Elaboración Propia

7.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se realizó un levantamiento topográfico en la parcela seleccionada haciendo uso de un GPS, esto con el fin de registrar el perímetro y área de la misma, los datos obtenidos del levantamiento fueron procesados haciendo uso de los siguientes softwares: MapSource, Google Earth, Excel y Auto Cad. Como resultado de estos datos ya procesados se obtuvo el plano topográfico del área experimental.

Figura No. 13: Levantamiento Topográfico de parcela demostrativa



Fuente: Elaboración propia

7.3. METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio.

7.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS

Para el desarrollo de esta investigación se analizó información climatológica registrada en la estación perteneciente a la red de estaciones meteorológicas del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), ubicada en el municipio de Chinandega, departamento de Chinandega.

La ubicación de la estación, su código, sus coordenadas geográficas en grados, minutos y segundos y su elevación se detallan en la siguiente tabla.

Cuadro No. 1: Ubicación de la estación meteorológica.

ESTACIÓN	CHINANDEGA
Código	64018
Municipio	Chinandega
Latitud	12°38'00"
Longitud	87°08'00"
Elevación	60 msnm

Fuente: INETER, 2013.

Se utilizaron los datos climáticos de temperatura mínima, temperatura máxima, humedad, velocidad del viento e insolación, así como el coeficiente de cultivo de la papa, los cuales fueron procesados haciendo uso del software Cropwat 8.0 de la FAO para determinar los requerimientos hídricos del cultivo de papa en la zona en estudio.

7.3.2. MUESTREO DEL SUELO

Para determinar si el suelo a utilizar contenía los nutrientes requeridos por el cultivo de papa, se realizó un muestreo de suelo para el análisis físico y químico respectivamente.

Para el análisis físico-químico del suelo se tomó una muestra compuesta representativa del área de estudio, para la cual se extrajeron aleatoriamente sub-muestras, haciendo un corte en "V" con una pala, a una profundidad de 20cm. De las sub-muestras homogenizadas se tomaron 2 kg aproximadamente y se colocó en una bolsa plástica transparente previamente etiquetada con el nombre de la finca y departamento para evitar confusiones en el momento de enviarla al laboratorio para el análisis correspondiente.

También se tomó una muestra de suelo inalterada, para este proceso se utilizó el método de los cilindros (de volumen conocido), con fin de calcular la densidad aparente del suelo en el área de estudio.

7.3.3. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO

La realización de la serie de análisis físico-químicos del suelo se llevaron a cabo en el laboratorio de Edafología de la Facultad de Tecnología de la Construcción y LAQUISA, donde recurriendo a los procedimientos pertinentes se determinaron las siguientes propiedades:

- Capacidad de campo (Cc).
- Punto de marchitez permanente (PMP).
- Densidad aparente (Da).
- Densidad real (Dr.).
- Porosidad total (Pt).
- Textura.
- Potencial de Hidrógeno (pH).
- Conductividad Eléctrica (CE).
- Fósforo disponible (P).
- Materia Orgánica (MO).
- Acidez Intercambiable.
- Bases intercambiables.
- CIC.
- Boro.

7.3.4. MANEJO AGRONÓMICO

- **Preparación del terreno:** se realizó anticipadamente un pase de arado, con el objetivo de roturar el suelo y exponer el prisma del suelo al sol, favoreciendo así la eliminación de plagas del suelo e incorporación de malezas y eliminando también la presencia de rastrojos.

Luego para una mayor eliminación de malezas presentes en el terreno se aplicó un herbicida (Glifosato); Posteriormente se efectuaron dos pases de grada y dos pases de arado, esta última actividad se desempeñó en forma convencional; ambos procesos se llevaron a cabo un mes antes de la siembra.

- **Surqueo:** Esta actividad se ejecutó conjuntamente con el último pase de arado, con la finalidad de preparar el área donde se depositaría el tubérculo-semilla. Los camellones proveen un lugar levantado para sembrar el tubérculo-semilla, lo que lo protege del sol y facilita el trabajo manual de recogido y deshierba.

- **Instalación del sistema de riego:** Dado a que en el área de estudio existe una diversificación de cultivos, se contaba ya con la existencia de un sistema de riego por goteo, para el cual se elaboró un rediseño, ajustándolo a la parcela a estudiar y una vez instalado el sistema de riego se planificó una evaluación para verificar que el sistema suministrara la cantidad de agua necesaria.

- **Desinfección del suelo:** Mediante el método del voleo se aplicó un desinfectante granulado (lorsban) a razón de 0.28 kg en cada surco, una vez que el desinfectante de suelo fue depositado en los surcos ya preparados, éste fue cubierto con una capa delgada de tierra de 2 cm aproximadamente para evitar el contacto directo con los tubérculos-semillas al momento en que se realizara la siembra manual del mismo, ya que al estar ambos en contacto, la semilla podía contaminarse con las sustancias químicas tóxicas que contenía el granulado.

- **Fertilización:** Luego de la desinfección del suelo se procedió con la aplicación del fertilizante en cada surco, cuya fórmula es 18-46-0. La dosificación se aplicó en cantidades equivalentes a la demanda del cultivo de papa, supliendo de esta manera el déficit de nutrientes existentes en el

suelo por la lixiviación de estos en periodo lluvioso. Para cada surco se destinaron aproximadamente 5 kg de urea, los que se dejaron caer en el surco donde ya se había depositado el desinfectante y posteriormente se cubrió con una capa de suelo 3 cm.

-Nitrógeno: Es el factor determinante en el rendimiento del cultivo, ya que favorece el desarrollo de la parte aérea y la formación y engrosamiento de los tubérculos. Generalmente se aporta de una sola vez en el momento de la plantación, durante la preparación del suelo o sobre el camellón. Un exceso de nitrógeno produce un retraso en la tuberización y un desarrollo excesivo de la parte aérea.

-Fósforo: El fósforo actúa a favor del desarrollo de las raíces, mejorando la calidad de los tubérculos y reduciendo su sensibilidad a daños (en particular el ennegrecimiento interno). La precocidad de la papa y el contenido en fécula están influenciados por el incremento de fósforo.

-Potasio: Su influencia es decisiva en este cultivo; ayuda a la formación de fécula y proporciona a las plantas una mayor resistencia a las heladas, a la sequía y a las enfermedades, especialmente al mildiú, y hace que su conservación sea más fácil. Los calibres de los tubérculos se ven incrementados al aumentar las aportaciones potásicas, asegurando un mayor porcentaje de tubérculos grandes. Un exceso de abonado potásico puede bloquear al magnesio.

-Magnesio: La papa no tolera las deficiencias en magnesio y su carencia se manifiesta por un amarillamiento entre las nervaduras de las hojas y, en casos graves, por su muerte o agotamiento.

-Boro: Se trata de un cultivo con bajos requerimientos en boro.

-Zinc: Este cultivo responde muy bien a las aportaciones foliares de zinc. (El cultivo de la Papa, Infoagro 2005. Sitec, Indap 2005.)

- **Dosis de fertilización**

Este estudio se ha elegido la dosis de 250 Kg/Ha de Nitrógeno, 92 Kg/Ha de fósforo y 360 Kg/Ha de potasio, cantidad que se completó en función de lo que aportó el suelo, y las cantidades faltantes fueron suministradas mediante formulación química con 18-46-0, 0-0-60 y urea

Los respectivos cálculos de fertilización se obtuvieron mediante el siguiente procedimiento:

- **Requerimientos de Fertilización para Nitrógeno**

- **Cálculo del peso del suelo de estudio**

Este se realiza en base a una hectárea, teniendo como datos la capa arable del suelo, el área y la densidad del mismo, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$W_{\text{suelo}} = (A * H) * (Da)$$

Dónde: A= Área = 10000 m² = 1*10⁸ cm².

Da del suelo en estudio = 1 gr/ cm³

H = Capa arable = 20 cm.

- **Calculo del nitrógeno en base al peso de la materia orgánica**

Teniendo el peso del suelo en estudio, se procede al siguiente cálculo de materia orgánica usando la fórmula:

$$\% \text{ de materia orgánica (Kg)} = \text{peso del suelo/ ha} * (\% \text{ M.O./100})$$

Donde % M.O es el valor obtenido en el laboratorio.

- **Nitrógeno total**

Es la cantidad de nitrógeno presente en la materia orgánica del suelo, se calcula de la siguiente forma:

$$N_{\text{total}}(\text{kg}) = W_{\text{materia orgánica}} * (5/ 100)$$

Puesto que la literatura plantea que el 5% de la MO está constituida por N.

- **Nitrógeno asimilable**

Es la cantidad de nitrógeno asimilable por planta.

$$N_{\text{asimilable}} = N_{\text{total}} (\text{kg}) * (2/ 100).$$

Para lo cual se considera que la eficiencia del nitrógeno es del 2%, ya que es la cantidad de nitrógeno que la planta puede aprovechar para su desarrollo.

- **Requerimiento de nitrógeno por hectárea**

En el cultivo de papa requiere 250 kg/ha de N.

Dosis de Nitrógeno: es la cantidad de nutriente a aplicar al suelo, es el resultado de la diferencia del requerimiento de Nitrógeno menos la cantidad asimilable de este mismo nutriente por el cien por ciento sobre la Eficiencia, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\text{Dosis de N (Kg)} = (\text{Requerimiento N} - N_{\text{asimilable}}) * (100 / \text{Ef}_N)$$

En donde Ef_N es del 50%.

- **Requerimientos de Fertilización para Fosforo**

$$P = 1 \text{ ppm.} = 1 \text{ mg/kg} * 1 \text{ kg}/1000000 \text{ mg}$$

$$P = 1 * 10^{-6}$$

- **Aporte del fosforo del suelo**

$$\text{Aporte P (Kg)} = (\text{Concentración P en el suelo} * W_{\text{suelo}}) * 2.29$$

En donde Concentración P= resultado del laboratorio.

- **Requerimiento de fosforo por Ha**

El cultivo de papa requiere de = 92 kg/Ha.

Dosis de Fosforo: es la cantidad de nutriente a aplicar al suelo, es el resultado de la diferencia del requerimiento de Fosforo menos la cantidad asimilable de este mismo nutriente por el cien por ciento sobre la Eficiencia, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\text{Dosis de P} = (\text{Requerimiento P} - P_{\text{asimilable}}) * (100 / \text{Ef}_N)$$

En donde Ef del Fosforo es del 35%.

- **Requerimientos de Fertilización para Potasio**

$$1 \text{ peq} = P. \text{ mol (pm)} / \text{Valencia (v)}$$

$$\text{Dióxido de potasio} = [1 \text{ peq K}/100 \text{ g}] * \text{Peso de suelo (Kg/Ha)} * 1.2$$

$$\text{Dióxido de potasio} = [1170 \text{ mg/kg} / (1 \text{ kg}/1 * 10^6 \text{ mg})] * 2000000 \text{ kg/Ha} * 1.2$$

En donde 1.2 es una constante.

- **Requerimiento de potasio por Ha**

Requerimiento de K para el cultivo de papa es de = 360 kg/ Ha.

Dosis de Potasio: es la cantidad de nutriente a aplicar al suelo, es el resultado de la diferencia del requerimiento de Potasio menos la cantidad asimilable de este mismo nutriente por el cien por ciento sobre la Eficiencia, la fórmula a utilizar es la siguiente:

Dosis de K= (Requerimiento K – K asimilable) * (100/ Ef)

En donde Ef se considera del 60%

- **Dosificación de fuentes de fertilizantes**
 - **Calculo de la fórmula Difosfato de Potasio(18-46-0)**

$$18 - 46 - 0_{(Kg)} = \frac{\text{Requerimiento de P (Kg)}}{\text{Concentracion P}}$$

Donde la concentracion del 18-46-0 es 46%

Aporte de Nitrógeno por el 18-46-0

$$\text{Aporte de } N_{18-46-0} (Kg) = \frac{18 - 46 - 0 (Kg)}{\text{Concentracion N}}$$

- **Calculo de la fórmula Muriato de Potasio (0-0-60)**

$$0 - 0 - 60_{(Kg)} = \frac{\text{Requerimiento de K (Kg)}}{\text{Concentracion K}}$$

Donde la concentración de K del 0-0-60 es de 60%

- **Calculo de la formula Urea (46-0-0)**

$$\text{Urea}_{(Kg)} = \frac{\text{Requerimiento de N (Kg)} - \text{Aporte de } N_{18-46-0} (Kg)}{\text{Concentracion N}}$$

Donde la concentración de N en la Urea es de 46%

- **Selección de las semillas:** Previamente a la siembra se realizó la selección de las semillas, para determinar si estaban en buen estado, se muestrearon aproximadamente cien semillas al azar por cada variedad para registrar el número de brotes por semilla, luego se seleccionaron veinte semillas y se les midió el diámetro polar y ecuatorial.
- **Siembra:** Una vez desinfectado y fertilizado el suelo se procedió a realizar la siembra, para ello primeramente se seleccionó la semilla que se va a utilizar, seguidamente esta fue colocada en el surco a una distancia de 35 cm entre semillas y se le aplicó una dosis de 100 gr de Agrimicin disueltos en 20 litros de agua. Luego de haber realizado todas estas actividades se cubrió el surco con una capa de suelo para que la semilla no se expusiera directamente a los rayos solares y a la vez que ésta tuviera una profundidad adecuada para obtener una germinación uniforme.
- **Riego:** Con base a la evaluación del funcionamiento del sistema de riego instalado y las necesidades hídricas del cultivo se calculó la lámina de riego a aplicar en la parcela la cual garantizó el estado de humedad óptimo en los diferentes estados del cultivo. Se comenzó a aplicar el riego 5 días después de la siembra.
- **Control de malezas:** El control de malezas se realizó constantemente a lo largo del desarrollo de cultivo, para ello se utilizaron Azadones, Machetes, etc. Para el control químico de la maleza presente en la parcela se aplicó glifosato.
- **Control de plagas y enfermedades:** Las plagas se controlaron con la aplicación de los siguientes insecticidas: Rotaprid a los 18 días después de la siembra, con una dosis de 60 gr por bomba de 20 litros de agua, este producto se aplicó de forma preventiva contra el pulgón saltador (*Paratrioza cockerelli*); Cipermetrina, a los 22 días después de la siembra, con una dosis de 50cc por bomba de 20 litros de agua para prevenir el ataque de ácaros y coleópteros al igual que la Avermectina a los 25 y 36 días después

de la siembra en 20cc con 15 litros de agua; para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y thrips (*Thrips spp*) se aplicó Evisect a los 28 días después de la siembra con una dosis de 75cc por bomba de 20 litros.

Para el control de enfermedades, se aplicaron inicialmente dos fungicidas combinados: Curzate y Clorotadonil, a los 22 días después de la siembra, con una dosis de 150cc por bomba de 20litros para el control de hongos y patógenos; a los 23 días después de la siembra se aplicó el fungicida Equation, este es un producto con actividad sistémica con propiedades preventivas que evitan el establecimiento de patógenos, en una dosis de 100gr por bomba de 20 litros de agua; posteriormente, a los 32 días después de la siembra, se aplicó un fungicida y bactericida: Manzate, 200 gr por bomba para prevenir el Tizón temprano (*Alternaria solani*).

- **Cosecha:** se realizó la cosecha de acuerdo a la variedad; debido a que la variedad Monte Carlo es la más precoz ésta se llevará a cabo a los 75 DDS, para la CalWhite la cosecha se realizó a los 85 DDS y por último se cosecho la variedad cardinal siendo esta la más tardía, esta última se llevó a cabo a los 95 DDS. La extracción de los tubérculos se hizo de forma manual removiendo la capa de suelo hasta llegar a la profundidad a la que estos se han desarrollado.

7.4. METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

Definir la adaptación de las variedades de papa mediante el estudio de variables de desarrollo vegetativo y de producción.

7.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

En este proyecto se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas, con tres variedades de papa.

Las dimensiones del área en estudio fueron inicialmente de 100 metros de largo por 23 metros de ancho, es decir, una superficie de 2300 m², ésta área se distribuyó en tres parcelas demostrativas, en las cuales se designó cada una de

las variedades: *CalWhite*, con un dimensionamiento de 8.1 metros de ancho por 100 metros de largo; las variedades *Cardinal* y *Monte Carlo* tuvieron un dimensionamiento de 7.2 metros de ancho por 100 metros de largo.

Figura No. 14: Diseño de la parcela experimental.



Fuente: Elaboración Propia

7.4.2. CARACTERÍSTICA DE LOS TRATAMIENTOS

Para este estudio los tratamientos están comprendidos por las variedades a evaluar, los tratamientos se agruparon dentro de un área uniforme, con el fin de asegurar la correcta obtención de datos, lo que permitirá un análisis objetivo.

Para nuestro trabajo investigativo se sembraron 4810 tubérculo-semilla, de estas 1665 pertenecen a la variedad CalWhite, 1480 a la variedad Monte Carlo y 1665 a la variedad Cardinal, de cada variedad se seleccionarán 100 plantas al azar con el propósito de obtener las variables iniciales (datos de semilla), para posteriormente analizar estos resultados respecto a los de cosecha.

7.4.3. VARIABLES RESPUESTA

Se consideraron un grupo de variables respuestas en la elaboración de éste estudio, todo esto con el fin de obtener datos de cada una de las variedades, los

cuales posteriormente fueron evaluados y comparados. De esta manera se midieron distintas variables al momento del desarrollo vegetativo del cultivo y durante la cosecha.

- **Variables de Desarrollo**

Diámetro de Tallo (mm): La medición de la variable correspondiente al diámetro del tallo se realizó a los 25 y 50 DDS, las medidas se tomaron en la base del tallo haciendo uso de un vernier o pie de rey.

Número de Tallos: Se contabilizó el número de tallos a los 25 y 50 DDS, este muestreo se realizó con las debidas precauciones para no causar daños en la planta y evitar así la propagación de virus.

Altura de Tallo (cm): Se llevó a cabo la medición de la variable altura de tallo a los 25 y 50 DDS, seleccionando mediante observación el tallo con mayor desarrollo, para este proceso se usó una cinta de medición (centímetro) tomando la longitud desde la base del tallo hasta la yema apical.

Número de Hojas: El total de hojas compuestas de cada planta muestreada fue contabilizado manualmente a los 25 y 50 DDS.

Ancho de Hojas: Con un vernier se midió el ancho compuesto de la hoja y largo de ésta, para cada planta muestreada. Dicha medición se realizó a los 25 y 50 DDS.

- **Variables de Cosecha**

Número de Tubérculos: Se inspeccionó cada una de las plantas muestreadas y se contabilizaron el número de tubérculos (fruto agrícola).

Diámetro Polar (mm): La medición del diámetro polar se efectuó a lo largo de cada tubérculo de las plantas muestreadas, haciendo uso de un vernier o pie de rey.

Diámetro Ecuatorial (mm): La medición del diámetro ecuatorial se efectuó en la zona media alrededor de cada tubérculo de las plantas muestreadas, haciendo uso de un vernier o pie de rey.

Peso del Tubérculo (gr): Se tomó el peso de cada uno de los tubérculos de todas las plantas muestreadas haciendo uso de una balanza de precisión.

Rendimiento (Kg/m²): Para determinar esta variable se seleccionó un área de 1 m² dentro del área útil de cada parcela y se cosecharon todas las plantas dentro de esta área, contabilizando el número de plantas cosechadas, el número de tubérculos y el peso total de los tubérculos cosechados; el resultado se proyectó a qq/Ha.

7.5. METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar la rentabilidad del cultivo de papa en Morazán, mediante el análisis de costo-beneficio.

7.5.1. COMPARACIÓN ENTRE MEDIAS

Los datos recopilados de las variables respuesta tomadas en este trabajo de investigación se promediaron, utilizando Microsoft Excel 2010. La razón por la cual se realizaron estos análisis fue para obtener la información sobre que variedad presenta mejores resultados respecto a las variables observadas.

7.5.2. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Se determinaron los costos de producción basados en los estándares de precios internos de insumos e implementos cotizados en las empresas proveedoras y se llevó a cabo un registro exhaustivo de todos los gastos a los que se incurrió en la producción del cultivo, de los que se pueden mencionar la preparación de suelo, siembra, control de maleza y plagas, fertilización, Instalación de riego, Cosecha entre otros.

El costo de mano de obra que se tomó para este estudio, está de acuerdo a los salarios establecidos según tabla salarial vigente conforme leyes laborales, los

gastos de preparación de suelo fueron consultados al productor, debido a que en cada finca varía el tipo de preparación (puede ser mecanizado, convencional, o cero labranza) en base a las posibilidades y recursos económicos que tenga el productor.

Las utilidades proyectadas para una hectárea se obtuvieron al introducir en una matriz los gastos de manera específica para cada una de las actividades y los ingresos de la variedad de la cual se tenga el mayor rendimiento proyectado a una superficie unitaria de una hectárea.

7.5.3. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO

Para determinar si el cultivo de papa es rentable en las zonas bajas del pacífico de Nicaragua se ha utilizado el método del Análisis de Costo/Beneficio o índice neto de rentabilidad, éste tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de cualquier proyecto en ejecución, mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados en la realización del mismo.

Mediante este método se pudo estimar adecuadamente los recursos económicos necesarios, en el plazo de realización y ejecución del proyecto.

La relación Beneficio/costo está representada por la ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{VP_{Beneficio}}{VP_{Costototal}} = \frac{VP_B}{VP_{(I+O+M)}}$$

Dónde:

VP_B = Valor presente de los ingresos totales netos o beneficios netos.

I = Inversión inicial del proyecto.

O y M = Costos de operación y mantenimiento del proyecto.

En el análisis de la relación B/C, se toman valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que, al utilizar dicho análisis en el proyecto de validación de

papa en zonas bajas y cálidas del occidente de Nicaragua, se pueden presentar las siguientes condiciones:

- Si la relación $B/C > 1$, significaría que los ingresos son mayores que los egresos, por tanto la ejecución del proyecto es rentable.
- En cambio, si la relación $B/C = 1$, implicaría que los ingresos son iguales que los egresos y que el proyecto es indiferente porque no se obtendría beneficio alguno al ser realizado.
- Si se obtuviese que la relación $B/C < 1$, significará entonces que los ingresos son menores que los egresos, por tal razón el proyecto de papa no es económicamente recomendable en esta zona, ya que habrían pérdidas en su ejecución.

Conforme a estas condiciones se determinará la viabilidad del proyecto "cultivo de papa en zonas bajas del occidente de Nicaragua".

VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. ANÁLISIS DEL MUESTREO DE SUELO

Conocer las características físico-químicas de un suelo es imprescindible, tanto las propiedades químicas, como las físicas e inclusive las mineralógicas, determinan la productividad de los suelos, permiten también administrar el riego y aplicar la fertilización correcta, según lo demandado por el cultivo, además de planificar las actividades correspondientes a labores culturales. Este análisis se realizó con el fin de conocer las propiedades físicas y químicas del suelo en estudio.

8.1.1. RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO

La importancia que tiene el conocer las propiedades físicas de un suelo es que de esta forma se puede llegar a comprender en qué medida influye cada una de estas en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los resultados obtenidos del análisis físico se presentan en la siguiente tabla:

Tabla No2: Datos de análisis físico del suelo en estudio.

Propiedad	Valor	Clasificación
Capacidad de Campo (%)	32.5	Medio
Punto de Marchitez Permanente (%)	17.7	Media
Densidad Aparente (gr/cm ³)	1.0	Baja
Densidad Real (gr/cm ³)	2.2	Baja
% Poros (%P)	53.9	Muy alta
% Humedad (%H)	5.8	-----
Textura	Ar 21%, L 42%, A 37%	Franco(ver ANEXOS1: Imagen1)

Fuente: Laboratorio de Edafología UNI-FTC

8.1.1.1. Textura

La textura de un suelo depende del tamaño y forma de las partículas ya que estos dos factores influyen en la infiltración de agua, en la capacidad para retener humedad en el suelo y en el buen desarrollo y crecimiento de las raíces.

Se determinó la textura del suelo por medio del método de Bouyoucos, esto con el fin de conocer la distribución de los tamaños de las partículas de arena, limo y arcilla que lo constituyen e identificar el tipo de suelo en dependencia de los porcentajes granulométricos existentes en la muestra por medio del triángulo textural (*ver ANEXOS I: Figura1*) dando como resultado un suelo franco, siendo este resultado muy beneficioso para este estudio, ya que este tipo de suelos permite una adecuada retención de agua debido a la considerable cantidad de arcilla que presenta, además de un buen drenaje y desarrollo de las raíces, permitiendo también un fácil desarrollo de los estolones que luego se convertirán en tubérculos comestibles.

8.1.1.2. Densidad Aparente

La densidad aparente es una propiedad importante para la descripción de la calidad del suelo, un valor alto de densidad puede ser un indicativo de que estamos en presencia de un suelo con condiciones pobres para el crecimiento de raíces, aireación reducida y con problemas para el almacenamiento e infiltración de agua. A menor valor de densidad, aumenta la cantidad o porcentaje de Materia Orgánica en el suelo, lo que es ideal para la mayoría de los cultivos. Según resultados obtenidos al realizar la prueba correspondiente en el laboratorio, el suelo presentó una densidad aparente de 1.0 gr/cm^3 , clasificándose como baja (*ver ANEXOS II: Tabla1*), lo que indica que posee mayor cantidad de vacíos en relación a su volumen total, esto le permitirá al cultivo una mejor penetración de las raíces, buen drenaje y aprovechamiento del agua aplicada.

8.1.1.3. Densidad Real

La densidad reales constante y los valores pueden variar de 2.35 gr/cm³ a 2.96 gr/cm³. Para el análisis correspondiente a este estudio se obtuvo un valor de 2.2 gr/cm³, con lo que se puede clasificar como baja (*Ver ANEXOS II: Tabla2*). Dichos resultados demuestran la existencia de una alta concentración de materia orgánica en el suelo, lo que favorece el suministro de nutrientes y el almacenamiento de agua en el suelo.

8.1.1.4. Capacidad de campo

Se denomina Capacidad de Campo a la cantidad de agua que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente.

La capacidad de campo para suelos en general (*ver ANEXOS II: Tabla3*), se clasifica como baja para rangos menores de 20, media entre 20 a 40, alta entre 40 a 55 y muy alta si esta es mayor de 55; en el análisis realizado en el laboratorio, se obtuvo una capacidad de campo de 32.5 %, esto significa que la capacidad de retención de agua de este tipo de suelo es alta, lo que permite un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos para el cultivo.

8.1.1.5. Punto de Marchitez Permanente

Se refiere al contenido de agua de un suelo que ha perdido toda su agua a causa del cultivo y, por lo tanto, el agua que permanece en el suelo no está disponible para el mismo.

El punto de Marchitez permanente para suelos, según su clasificación (*ver ANEXOS II:Tabla4*), se considera muy alta si el porcentaje es mayor de 55%, alta entre 40 - 55%, media entre 20 – 40% y baja si es menor del 20%; por lo tanto, de los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio, el suelo en estudio presento un valor de punto de marchitez permanente de 17.7 %, este indica que ese es el límite al cual la planta de papa puede asimilar la humedad del suelo, por el contrario, si llegase a tener valores más bajos de humedad la planta no se

recuperaría aunque se restableciera el valor de humedad con la aplicación del riego.

8.1.1.6. Porosidad

La porosidad es una propiedad de los suelos dada por la suma de los porcentajes de poros de diversos tamaños que la constituyen. La existencia de cantidades o porcentajes de poros dentro del suelo, contribuye a un mejor almacenamiento del agua, la cual puede ser fácilmente aprovechable para los diversos cultivos.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, el suelo tiene una porosidad de 53.9 %, lo que implica que existe un 46.1% de material sólido, clasificándose como muy alta (*ver ANEXOS II: Tabla 5*), este resultado es un indicativo de la existencia de macro y micro poros que permitirán una mejor circulación del agua, así como una buena aireación.

8.1.1.7. Humedad del suelo

La planta de papa necesita una humedad adecuada del suelo para su emergencia y crecimiento. El tubérculo-semilla debe tener buen contacto con suelo húmedo. La humedad excesiva, sin embargo, reduce la aireación y en consecuencia afecta al crecimiento de las raíces, los estolones y los tubérculos.

Por medio del ajuste de la profundidad de siembra, el cultivo de papa puede ser adaptado a las condiciones existentes de humedad (CIP, 1988). En el análisis realizado, la humedad encontrada fue de 5.8%, por tanto, el cultivo puede ser adaptado a este rango de humedad, y en caso de haber déficit, este puede ser compensado mediante el riego.

8.1.2. RESULTADO DEL ANALISIS QUIMICO DEL SUELO.

El resultado de análisis químico es una técnica indispensable para la dosificación de fertilizantes, es decir, es una fuente de información básica para el manejo de suelos, de estos resultados depende la recomendación nutricional que debe de recibir el cultivo, en nuestro caso, el cultivo de papa, el cual demanda más de un elemento nutricional, como lo es el potasio, según los resultados obtenidos del laboratorio, nuestro suelo presenta los siguientes datos:

Tabla No 3: Resultado de análisis Químico del suelo

Propiedad	Valor	Clasificación
Potencial de Hidrogeno (pH)	6.74	Ligeramente acido.
Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)	0.064	Bajo(No- salino)
Fosforo Disponible (ppm)	1	Muy Bajo
Potasio(meq/100g)	3.0	Exceso
Calcio(meq/100g)	9.3	Adecuado
Magnesio(meq/100g)	3.5	Alto
Boro(ppm)	0.3	Bajo
Materia Orgánica (%)	2.25	Contenido normal.
Acidez Intercambiable (meq)	0.4	Despreciable
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq)	20.7	Alto

Fuente: Laboratorio de Edafología UNI-FTC y Laboratorios Químicos S.A. LAQUISA

8.1.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH del suelo afecta la disponibilidad de los nutrientes vegetales, el grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico relación de suelo-agua. De los resultados obtenidos en el laboratorio de Edafología se obtuvo un PH en el suelo

de 6.74, que se encuentra dentro del rango de pH neutro (*ver ANEXOS II: Tabla 7*), el cual permite al cultivo un óptimo desarrollo.

8.1.2.2. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica es la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica, que generalmente se expresa en mmhos/cm. Según el análisis químico realizado se encontró que el suelo posee una conductividad eléctrica de 0.064 mmhos/cm, la cual es mínima y se puede calificar como baja (*ver ANEXOS II: Tabla 8*), se considera también como un suelo no salino, por consiguiente, no es impedimento para el crecimiento del cultivo de papa dado que este es tolerante a este tipo de suelos.

8.1.2.3. Fosforo disponible

Se requiere en cantidades relativamente grandes, sobre todo durante el crecimiento temprano, para fomentar el desarrollo radicular y la iniciación de tubérculos, y luego tarde en la temporada para su llenado.

El porcentaje de Fósforo disponible según resultados del laboratorio fue de 1ppm, lo que se traduce en 30 kg/Ha. El cultivo de papa requiere una dosis de fósforo de 250 kg/ha, aplicando 150 kg/ha a la siembra y 100 kg al inicio de la tuberización (*Tindall et al, 1993.*), por tanto, presenta un déficit de 220 kg/ ha de este elemento, el que deberá ser suministrado mediante fertilización.

8.1.2.4. Potasio

El potasio es el nutriente más requerido por la planta de papa, especialmente durante el período de la formación y crecimiento del tubérculo, actúa en la formación de carbohidratos y en la transformación y el movimiento del almidón desde las hojas a los tubérculos de la papa. También es importante en el control del movimiento de estomas y del balance de agua de la planta, así como en el crecimiento meristemático de la planta, favorece además el crecimiento

vegetativo, fructificación, la maduración y la calidad de los frutos en la cosecha. En el análisis del laboratorio, se obtuvo que el suelo presenta 3.0 meq/100g de suelo, clasificándose como un exceso del elemento (*ver ANEXOS II: Tabla 9*), esto significa que no es necesario aplicar o dosificar potasio para ese suelo, ya que lo contiene en abundancia, pese a presentar exceso, no provocará reacción negativa respecto al desarrollo, crecimiento y maduración del fruto dado a que no es un factor limitante para los otros nutrientes.

8.1.2.5. Calcio

El calcio es el nutriente que actúa en la formación de carbohidratos y en la transformación y el movimiento del almidón desde las hojas a los tubérculos de la papa, es importante en el control del movimiento de estomas y del agua de la planta; la deficiencia de este nutriente provoca que el nuevo tejido meristemático no tenga acceso a la cantidad requerida para su adecuado desarrollo, por lo que es importante que se encuentre en una cantidad apta en el suelo. El resultado obtenido del análisis correspondiente indica que el suelo presentó 9.3meq/100g de suelo, clasificándose como adecuado para el cultivo (*ver ANEXOS II: Tabla 10*), por tanto es un valor apto para el cultivo de papa.

8.1.2.6. Magnesio

El magnesio es absorbido por la planta como ion Mg^{++} , y por ser el único mineral constituyente de la clorofila este elemento es esencial para la fotosíntesis. Es necesario para la activación del metabolismo de los carbohidratos y la respiración de la célula y es un activador de muchas enzimas requeridas en los procesos de crecimiento de las plantas. En el análisis respectivo, se encontró que el suelo presenta 3.5 meq/100g de suelo, clasificándose como alto (*ver ANEXOS II: Tabla 10*), lo cual significa que este elemento se encuentra en una cantidad óptima para establecer el proceso de fotosíntesis de la planta y a su vez cumplir el resto de las funciones que le corresponden en el proceso de desarrollo y crecimiento del cultivo.

8.1.2.7. Boro

Participa en la germinación y crecimiento de los tubos polínicos y en el transporte de azúcares. Desempeña también el papel de activador enzimático en los diversos cultivos, la deficiencia de este elemento puede ser observada en los tejidos de crecimiento: raíz, hoja, tallo y puede provocar un crecimiento lento. Según el resultado obtenido, el suelo presentó 0.3 ppm de Boro, clasificándose como bajo, lo que indica que se encuentra por debajo de los niveles clasificados como adecuados (*ver ANEXOS II: Tabla 11*), aunque no afecta en gran manera el desarrollo y crecimiento de la planta, ya que no es considerado en sí como un valor deficiente.

8.1.2.8. Materia Orgánica (%)

La materia orgánica del suelo es la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición; tejidos y células de organismos que viven en el suelo; y sustancias producidas y vertidas por esos organismos (Etchevers, 1988). El nivel de materia orgánica del suelo está en dependencia de los elementos mineralógicos que este contenga, su clasificación taxonómica, el tipo de clima y las modificaciones y usos para el cuál ha sido destinado. En el respectivo análisis de resultado, se muestra que el suelo tiene un porcentaje de material orgánico del 2.25%, que se clasifica como contenido normal (*ver ANEXOS II: Tabla 12*), por lo que se deduce que con el suelo en estudio puede proporcionar dicho material con facilidad, y que la planta podrá aprovechar todos los nutrientes que estén disponibles dentro del mismo mediante los diversos procesos metabólicos y simbióticos que puedan ocurrir en su naturaleza.

8.1.2.9. Acidez Intercambiable

La acidez intercambiable del suelo influye en la regulación del pH del suelo, en especial de aquellos que son ácidos, por tanto, se puede decir que para el análisis respectivo de acidez intercambiable del sitio en estudio, el % encontrado fue de 0.4 meq/100 gr de suelo, lo que significa que este valor es considerado bajo, pero

no afecta a la vez en el desarrollo de la planta debido a que está en presencia de un suelo franco, además presenta un pH de 6.74 (que indica que es un suelo ligeramente ácido) el cual está dentro del rango de acidez intercambiable despreciable (Ver ANEXOS II: Tabla 13).

8.1.2.10. Capacidad de Intercambio Catiónico (meq)

Es una medida de la cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas), representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.), los que serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrógeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, de tipo arenoso o pobre en materia orgánica.

La Capacidad de Intercambio catiónico determinada en el laboratorio fue de 20.7 meq. Lo que se considera como un valor alto según rangos establecidos para suelos francos, (Ver ANEXOS II: Tabla 14), por lo que podemos decir que no afecta al cultivo de papa, ya que a mayor C.I.C la fertilidad del suelo aumenta y esto permite una mejor absorción de los nutrientes disponibles en el suelo.

8.1.2.11. Nitrógeno (determinado en forma de Nitratos)

El nitrógeno es uno de los nutrientes de mayor impacto en la producción y representa un elemento necesario para la multiplicación celular y el desarrollo de los órganos vegetales. En las plantas, éste forma parte de los aminoácidos, compuestos nitrogenados que se unen entre sí para formar las proteínas. El nitrógeno es adsorbido por la planta en forma nítrica, nitratos (NO₃-), presentes en el suelo, y en menor grado en forma amoniacal (NH₄+).

En la papa el nitrógeno se concentra principalmente en los tubérculos, estimándose que el 80% del nitrógeno adsorbido se vuelve a encontrar en ellos. La extracción del nutriente por el cultivo fluctúa entre los 96 y 120 kg/ha.

8.2. RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Tabla No 4: Datos del análisis químico del agua

Referencia	Ubicación	pH	CE (mmhos/cm)
Muestra 01	Chinandega - Tonalá Finca "El Reposo"	6.86	0.820

Fuente: Propia

➤ Conductividad eléctrica del agua

La conductividad es la capacidad del agua para conducir electricidad. La conductividad se incrementa con el aumento en las concentraciones iónicas en solución; sin embargo, el aumento tiene cierto límite que es la máxima capacidad de un agua para conducir la corriente eléctrica. Las unidades son micro Siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). En el análisis realizado, el agua muestreada presenta una conductividad eléctrica de 0.820mmhos/cm, lo que indica que no contiene cantidad de sales en solución que puedan afectar al cultivo.

➤ pH del agua

El pH del agua es importante para los diversos cultivos a los que se les tendrá que suministrar riego para suplir sus necesidades hídricas, el mantenimiento del pH apropiado en el flujo del riego ayuda a prevenir reacciones químicas de fertilizantes en las líneas, un valor de pH elevado puede causar obstrucciones en los diferentes componentes de un sistema de fertirrigación debidas a la formación de precipitados, por tanto, un adecuado pH asegura una mejor asimilabilidad de los diferentes nutrientes, especialmente fósforo y micronutrientes, etc.

En el análisis correspondiente, el pH del agua fue de 6.86, lo que indica que esta cercano a la neutralidad, por lo que se considera apto para regar el cultivo de papa, ya que los requerimientos de pH en el agua para los diversos cultivos se consideran óptimos en un rango de 5.0 a 6.8 (ver ANEXOS II: Tabla 17).

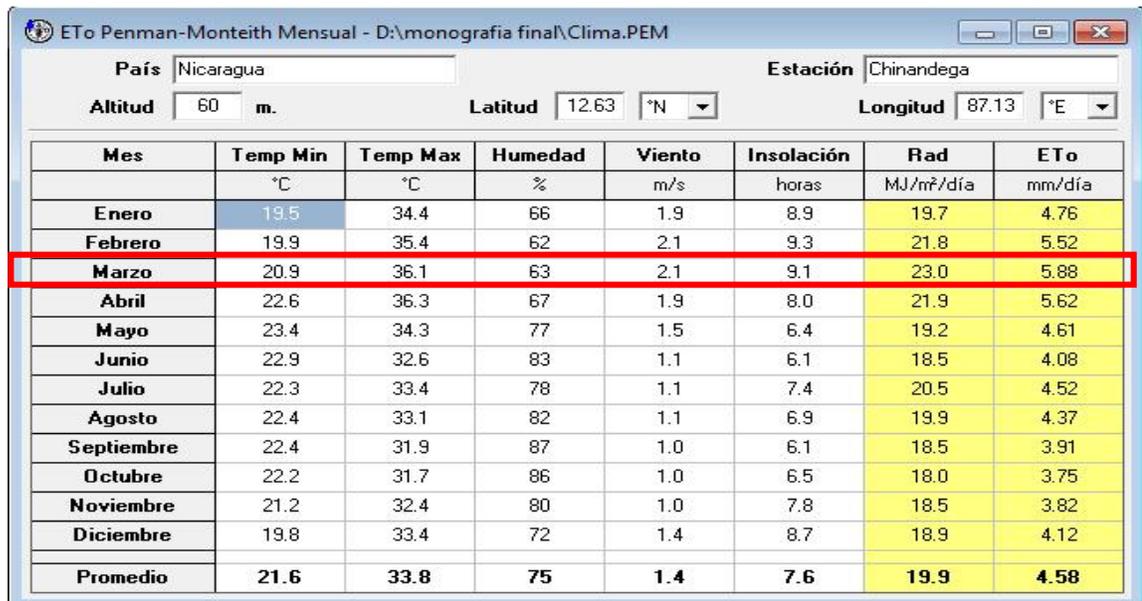
8.3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DATOS CLIMATOLÓGICOS

8.3.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ETO)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ETo.

En el análisis realizado en el sitio de estudio por medio del software Cropwat 8.0 de la FAO se encontró que para el cultivo de papa, el mes con el máximo valor de Eto es marzo con 5.88 mm/día (*Ver Figura No.15*), por lo cual este será el valor para determinar los requerimientos hídricos del cultivo, ya que en esta fecha ocurre la mayor evaporación del agua y la mayor transpiración de las plantas.

Figura No 15: Datos obtenidos de la evapotranspiración en el cultivo de papa



Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	19.5	34.4	66	1.9	8.9	19.7	4.76
Febrero	19.9	35.4	62	2.1	9.3	21.8	5.52
Marzo	20.9	36.1	63	2.1	9.1	23.0	5.88
Abril	22.6	36.3	67	1.9	8.0	21.9	5.62
Mayo	23.4	34.3	77	1.5	6.4	19.2	4.61
Junio	22.9	32.6	83	1.1	6.1	18.5	4.08
Julio	22.3	33.4	78	1.1	7.4	20.5	4.52
Agosto	22.4	33.1	82	1.1	6.9	19.9	4.37
Septiembre	22.4	31.9	87	1.0	6.1	18.5	3.91
Octubre	22.2	31.7	86	1.0	6.5	18.0	3.75
Noviembre	21.2	32.4	80	1.0	7.8	18.5	3.82
Diciembre	19.8	33.4	72	1.4	8.7	18.9	4.12
Promedio	21.6	33.8	75	1.4	7.6	19.9	4.58

Fuente: Propia

8.3.2. TEMPERATURA

La temperatura es un factor muy importante para el cultivo de la papa, para el presente estudio los valores medios de temperatura mínima fueron de 20.5°C, los cual es ligeramente superior a la máxima recomendada por la bibliografía (18°C)

para que la papa lleve a cabo el proceso de tuberización. En cuanto a la variabilidad térmica que la papa como un cultivo de termo periodos es superada en 7.8°C, pues se obtuvieron resultados de 17.8°C.

Tabla No 5: Registros de temperatura del sitio en estudio

DATOS DE TEMPERATURA EN EL SITIO				
FECHA	HORA	TEMPERATURA		
		MINIMA	MAXIMA	PROMEDIO
16/12/2013	03:40 p.m.	29.6	30.4	30
17/12/2013	06:00 a.m.	21.7	31.2	26.45
18/12/2013	06:00 a.m.	21.5	33.4	27.45
19/12/2013	06:00 a.m.	20.5	33.4	26.95
20/12/2013	06:00 a.m.	19.8	41.4	30.60
21/12/2013	06:00 a.m.	19.6	41.2	30.40
22/12/2013	06:00 a.m.	19.1	41.4	30.25
23/12/2013	06:00 a.m.	19.1	41.4	30.25
24/12/2013	06:00 a.m.	19.1	41.4	30.25
25/12/2013	06:00 a.m.	19.1	41.4	30.25
26/12/2013	06:00 a.m.	19.1	41.4	30.25
27/12/2013	06:00 a.m.	18.6	41.0	29.8

Fuente: Propia

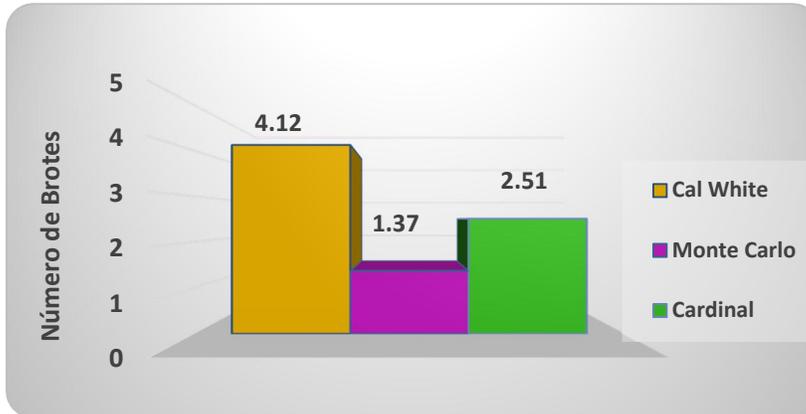
No obstante, todas las variedades pudieron tuberizar y presentar un producto al momento de la cosecha, lo cual indica que las variedades respondieron positivamente en el estudio.

8.4. ANÁLISIS DE VARIABLES DE DESARROLLO VEGETATIVO

En este análisis se compararon las variables de desarrollo vegetativo, con la finalidad determinar la o las variedades que presentaron una mejor adaptabilidad a las condiciones de experimentación y el mejor rendimiento.

- **Variable número de brotes**

Grafico No 1: Análisis comparativo variable Número de Brotes

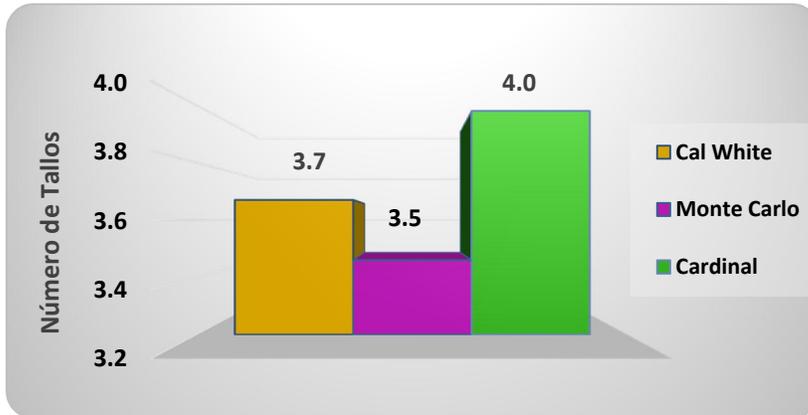


Fuente: Propia

En el análisis comparativo de la variable número de brotes, se puede observar que la variedad que presentó mayor cantidad de brotes fue Cal White con un promedio de 4 brotes por semilla.

- **Variable número de tallos**

Gráfico No.2: Comparativo, variable Número de Tallos

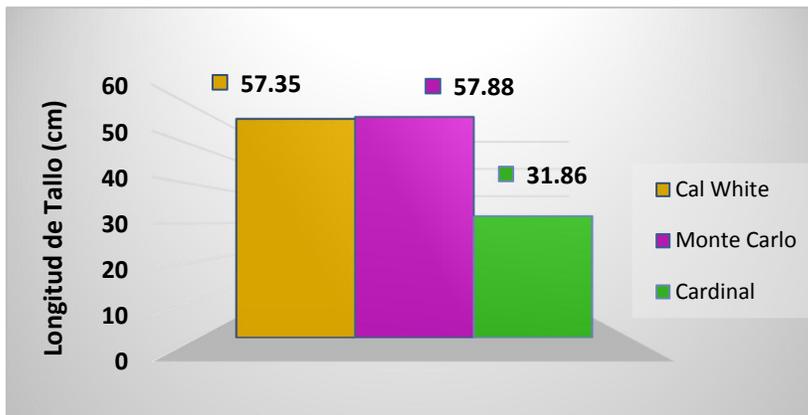


Fuente: Propia

En el análisis comparativo de la variable número de tallos, se puede observar que la variedad que presentó mayor cantidad de tallos fue la variedad Cardinal. Monte Carlo y CalWhite presentaron valores similares de número de tallos.

- **Variable longitud de tallos**

Gráfico No.3: Comparativo, variable Longitud de Tallos

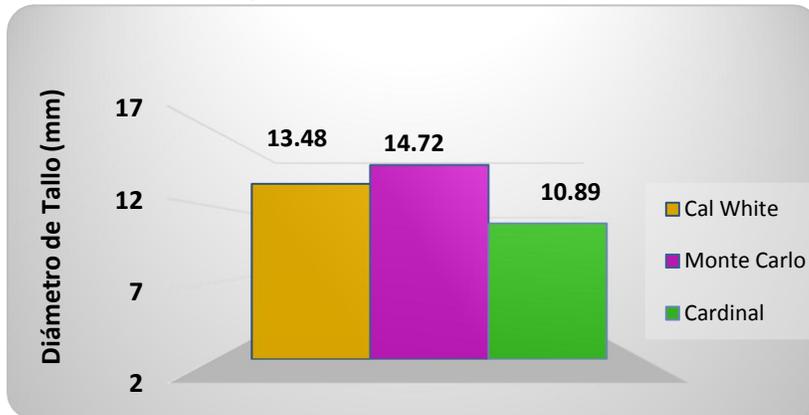


Fuente: Propia

En el análisis comparativo de la variable número de tallos, se puede observar que entre la variedad Cal White y Cardinal no hubo diferencia significativa, dado que ambas tienen 57 cm; con respecto a la variedad cardinal ambas presentaron una superioridad de 26 cm.

- **Variable diámetro de tallos**

Grafico No.4: Comparativo, variable Diámetro del tallo

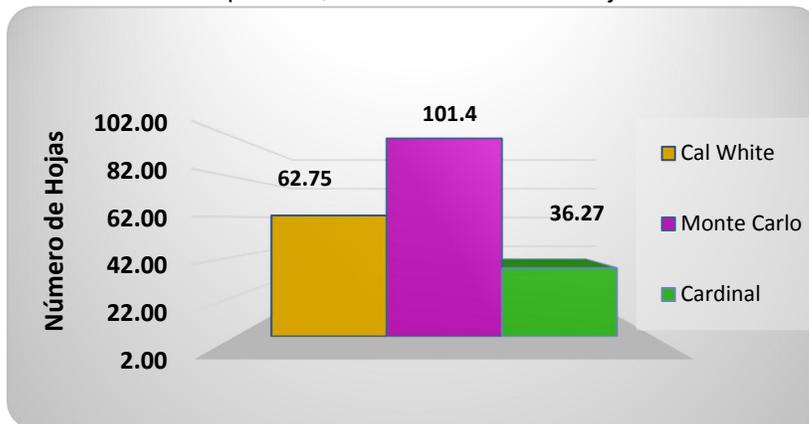


Fuente: Propia

En el análisis comparativo de la variable Diámetro del tallo, se puede observar que la variedad Monte Carlo fue la que desarrolló el mayor diámetro de tallo con 14mm, presentando una diferencia significativa respecto a Cardinal y Cal White.

- **Variable número de hojas**

Grafico No.5: Comparativo, variable Numero de Hojas

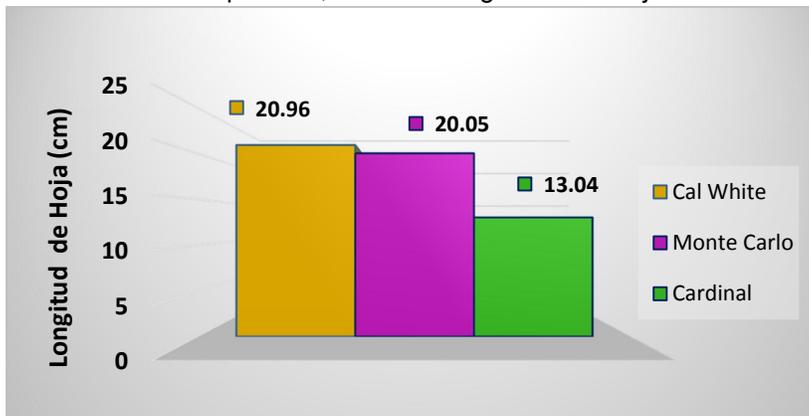


Fuente: Propia

En el análisis comparativo de la variable Número de Hojas, la variedad Monte Carlo presentó el mayor número de hojas con un promedio total de 101 hojas, con una cantidad de 40 unidad más que la variedad Cal White.

- **Variable longitud de la hoja**

Grafico No.6: Comparativo, variable Longitud de la Hoja

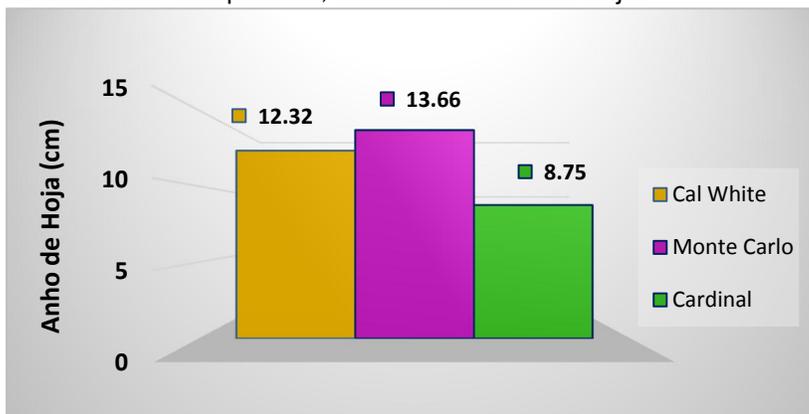


Fuente: Propia

En el análisis comparativo de la variable longitud de la hoja, las variedades Cal White presento una longitud de tallos de 20cm al igual Monte Carlo, por lo que no presentaron diferencias significativas, la variedad Cardinal presento una longitud de tallo de 13 cm.

- **Variable ancho de la hoja**

Grafico No.7: Comparativo, variable Ancho de la Hoja

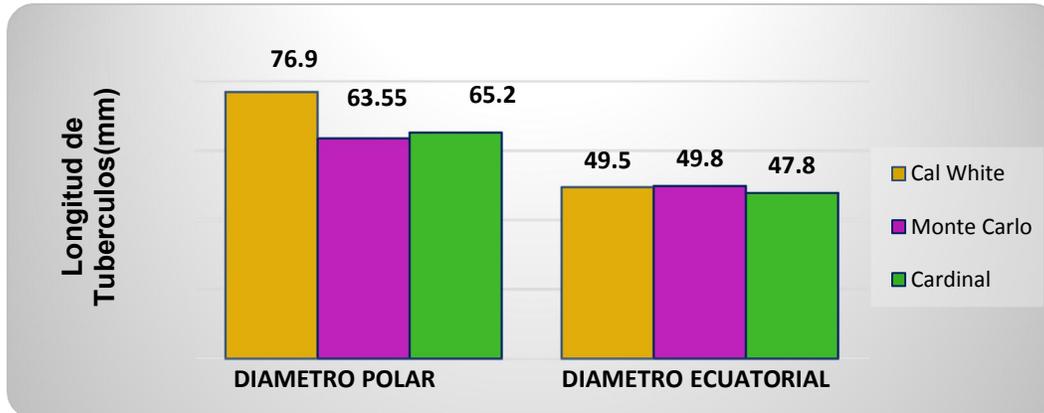


Fuente: Propia

En el análisis comparativo de la variable Diámetro de la Hoja, Monte Carlo presentó el diámetro mayor con 13cm, seguida por la variedad Cal White con 12cm, Cardinal presentó el menor diámetro de la hoja con 8cm, por lo que se puede afirmar que hubo una diferencia significativa de la variedad Monte Carlo.

- **Variable diámetro polar y ecuatorial**

Grafico No.8: Comparativo, variable Diámetro Polar y Ecuatorial



Fuente: Propia

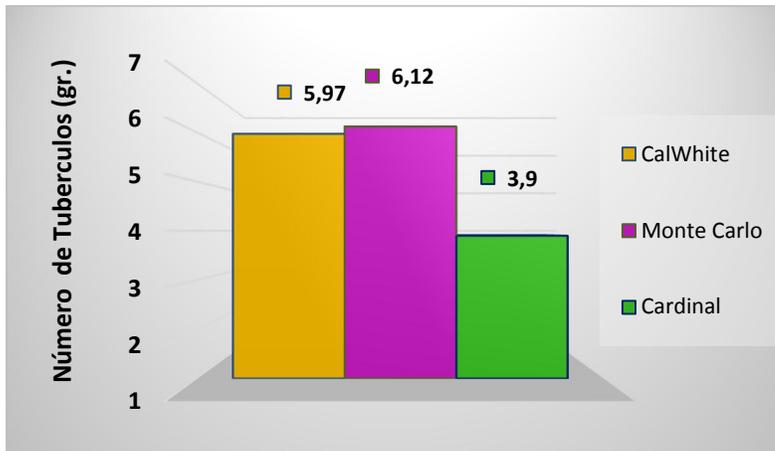
El tamaño de las semillas, como se observa en la mitad izquierda del Grafico No 1, presenta una pequeña superioridad de 12 mm en el diámetro polar de la variedad Cal White, mientras que las variedades Montecarlo y Cardinal no tienen variaciones significativas. En la variable diámetro ecuatorial las tres variedades no presentan diferencias significativas.

8.5. ANÁLISIS DE VARIABLES DE COSECHA

En este análisis se compararon las variables de cosecha, con la finalidad determinar la o las variedades que presentaron una mejor adaptabilidad a las condiciones de experimentación y el mejor rendimiento.

- **Variable número de tubérculos de las variedades en la cosecha**

Gráfico No.9: Comparativo, variable número de tubérculos de las variedades en cosecha

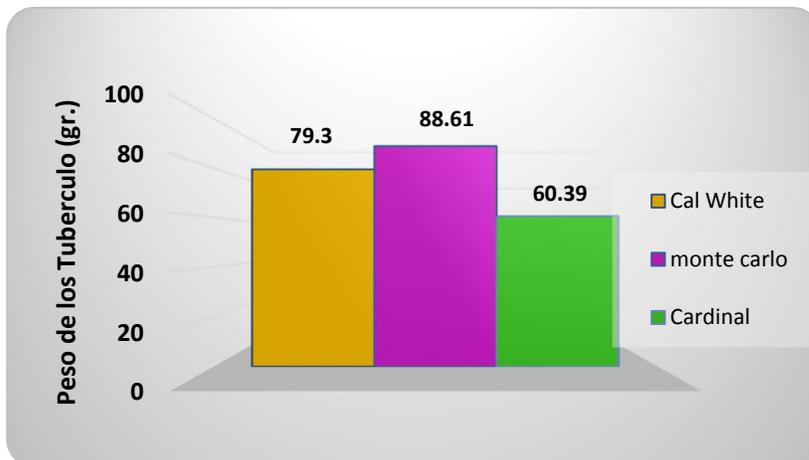


Fuente: Propia.

En el análisis comparativo de la variable número de tubérculos, se puede observar que las variedades CalWhite y Monte Carlo presentaron la mayor cantidad de tubérculos por planta, es decir, dos tubérculos más en relación a la variedad Cardinal.

- **Variable peso de tubérculos**

Gráfico No.10: Comparativo, variable Peso de Tubérculos



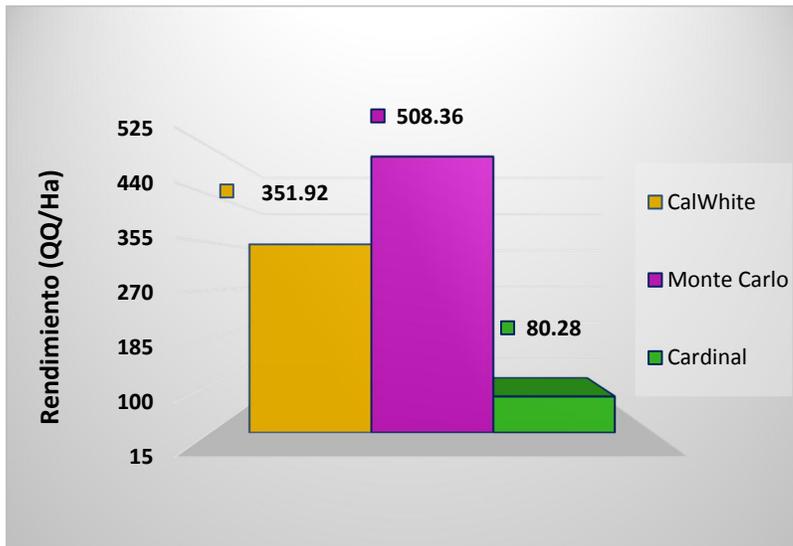
Fuente: Propia

En el análisis comparativo peso de tubérculos, de acuerdo a los resultados del estudio, se puede observar que la variedad Monte Carlo presentó mayor valor

promedio de tubérculos con 88 gr, seguida de la variedad Cal White con 79 gr y finalmente la variedad Cardinal con 60gr. Por cuanto se puede afirmar que la variedad con resultados más promisorios es la Monte Carlo.

- **Variable rendimiento de cosecha**

Grafico No.11: Comparativo, variable rendimiento de cosecha de las variedades.

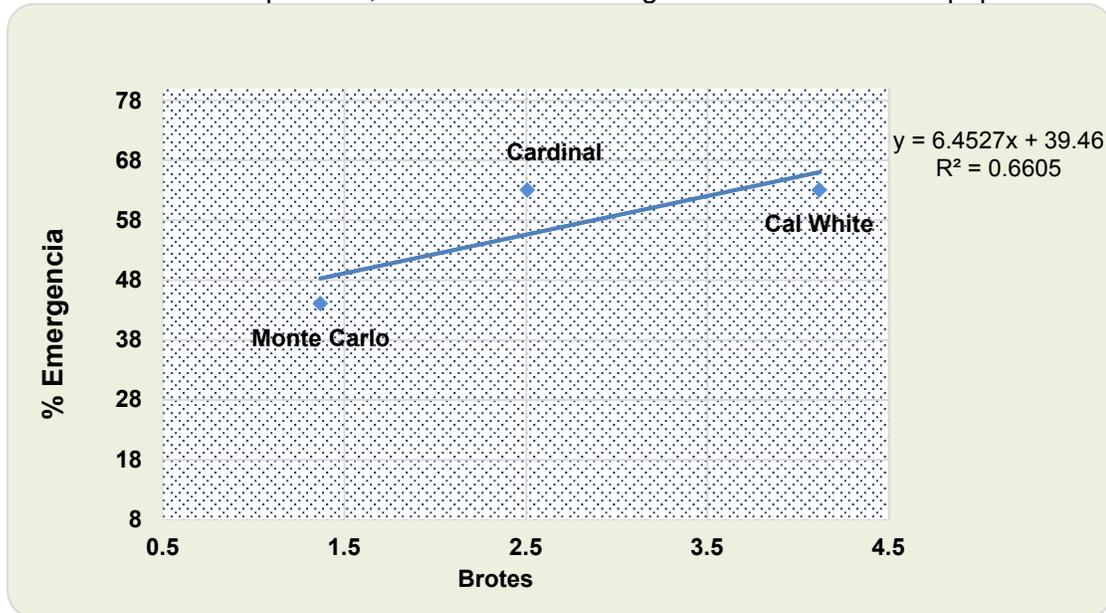


Fuente: Propia.

En el análisis comparativo de la variable rendimiento de cosecha podemos observar que la variedad que presenta el mejor rendimiento es Monte Carlo con 508 qq/Ha, CalWhite presentó también un rendimiento de 352 qq/Ha.

- **Variable brotes vs emergencia de la semilla de papa**

Grafico No.12: Comparativo, Brotes versus Emergencia de la semilla de papa

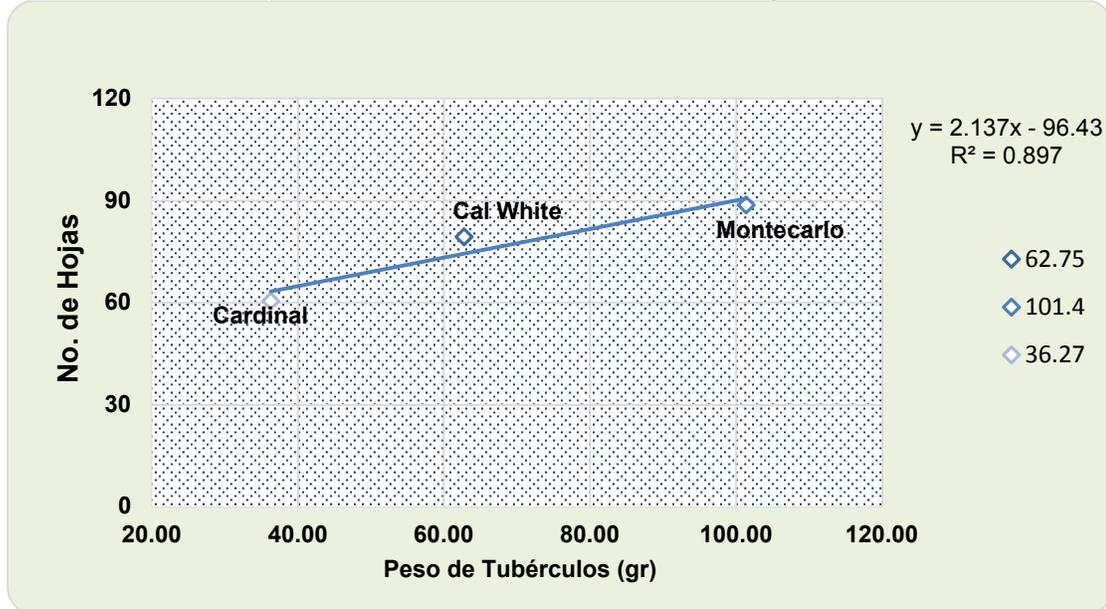


Fuente: Propia

En el análisis comparativo del número de Brotes Vs% de Emergencia, los resultados muestran que la variedad Cal White obtuvo el mayor número de brotes, siendo ese valor de 4 y un porcentaje de emergencia de 63%, seguida por la variedad Cardinal que presentó igual porcentaje de emergencia pero un menor número de brotes respecto a la variedad Cal White con 2 brotes. En base a estos resultados la variedad que presentó las mejores condiciones en la emergencia fue la Cal White.

- **Variable número de hojas vs peso de tubérculos**

Gráfico No.13: Comparativo de las variables Numero de hojas vs Peso de tubérculos

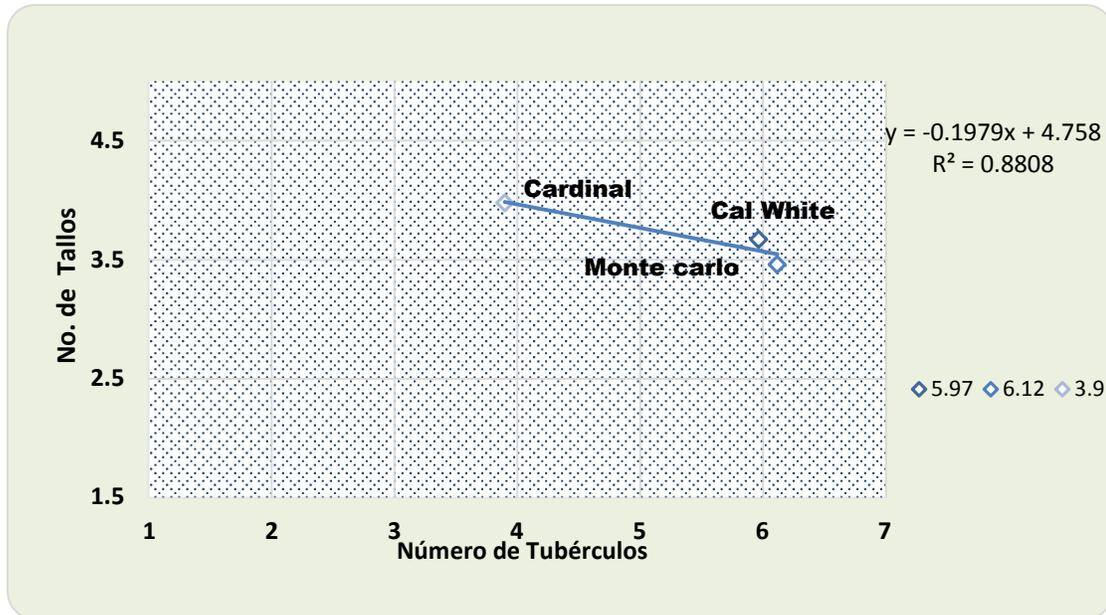


Fuente: Propia

En el análisis comparativo de la variable Número de Hojas Vs. Peso de Tubérculos, se observa que a mayor número de hojas en este caso alcanzado por la variedad Monte Carlo (90 hojas), se obtuvo un mayor peso de tubérculos por planta con 104 gr.

- **Variable número de tallos vs número de tubérculos**

Gráfico No.14 Comparativo de las variables Número de tallos vs Número de tubérculos

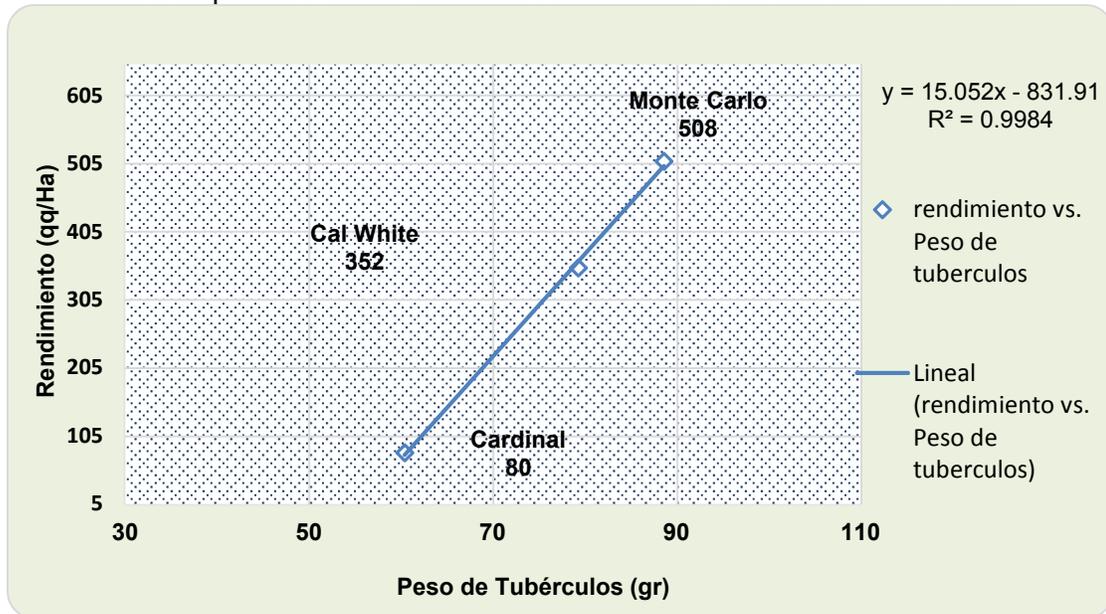


Fuente: Propia

En el análisis comparativo de Número de tallos Vs. Número de Tubérculos, se puede observar que la variedad Cardinal sobresale con un tallo en relación a la variedad Cal White y Monte Carlo, sin embargo fue la variedad que presentó menor número de tubérculos.

- **Variable rendimiento vs peso de tuberculos.**

Gráfico15. Comparativo de las variables Rendimiento Vs. Peso de Tubérculos



Fuente: Propia

En el análisis comparativo del rendimiento vs peso del tubérculo, se puede observar que a mayor peso en los tubérculos se da un mayor rendimiento en quintales por hectárea. Según los resultados, la variedad que presentó mayor rendimiento fue Monte Carlo con 508 qq /Ha, Cal White obtuvo 352qq/Ha y Cardinal alcanzó un menor rendimiento respecto a las dos variedades con un total de 80qq/Ha.

8.6. ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE PAPA

Los costos de producción son aquellos gastos a los que se incurren durante todo el proceso de pre y post emergencia del cultivo, que incluye desde la preparación del suelo; la adquisición y siembra de las semillas; el diseño y la adquisición de los materiales que constituyen el sistema de riego y la instalación de este; el control de malezas y plagas, la fertilización adecuada, así como la etapa final que corresponde a la cosecha, almacenamiento y venta del fruto o tubérculo.

En la Tabla No.18, No. 19 y No. 20 del Anexo II se detallan cada uno de los costos incurridos en cada una de los aspectos antes mencionados y se pueden observar los costos totales que implica la producción de cada una de las variedades evaluadas.

Los costos incurridos por cada variedad se presentan como resumen en la Tabla No.5 que se presenta a continuación:

Tabla 5. Resumen de los Costos de producción por variedad en el estudio realizado

RESUMEN DE COSTOS DEPRODUCCION POR VARIEDADES			
Descripción	Variedades Evaluadas		
	Cal White	Monte Carlo	Cardinal
<i>LABOREO DE SUELO y M.O:</i>	\$737,73	\$737,73	\$737,73
SIEMBRA SEMILLA(Manual):	\$768,11	\$698,11	\$698,11
CONTROL DE MALEZAS	\$192,38	\$192,38	\$192,38
CONTROL DE PLAGAS	\$914,61	\$914,61	\$914,61
FERTILIZACION	\$2.268,43	\$2.268,43	\$2.268,43
SISTEMA DE RIEGO	\$1.452,37	1452,37	1452,37
COSECHA	\$306,14	\$304,24	\$250,94
TOTAL	\$6.639,72	\$6.580,91	\$6.532,56

Fuente: Propia, mediante datos recopilados del estudio

En el análisis de los costos de producción de cada una de las variedades, podemos observar que hay diferencias entre cada una de ellas, presentando mayores costos de producción la variedad Cal White, con un total de US\$ 6639.72,

con variaciones pequeñas respecto a las demás variedades, las cuales según se observa es generada al momento de la siembra y cosecha, dado que los demás costos son los mismos para las tres variedades.

Tabla 6. Resumen de ingresos y egresos de las variedades evaluadas

Variedad	Cantidad (QQ/Ha)	Precio/QQ (US \$)	Ingreso (US \$)	Costos Totales (US \$)	Utilidades (US \$)
CalWhite	352	\$39,19	\$13.794,09	\$6.639,76	\$7.154,33
Monte Carlo	508	\$39,19	\$19.907,37	\$6.580,91	\$13.326,46
Cardinal	80	\$39,19	\$3.135,02	\$6.532,56	-\$3.397,54

Fuente: Propia, mediante datos recopilados del estudio.

Posteriormente se elaboró el análisis del Costo/ Beneficio del proyecto para determinar la rentabilidad de este mediante la producción obtenida de cada una de las variedades ensayadas, esto nos permite precisar con claridad cuál de las tres variedades puede ser cultivable sin riesgo alguno para los productores que deseen experimentar este nuevo horizonte. En la tabla no.5 se detalla el resumen de ingresos y egresos de cada una de las variedades. La ecuación a utilizar para este método es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{VP_{Beneficio}}{VP_{Costototal}} = \frac{VP_B}{VP_{(I+O+M)}}$$

Para la variedad Cal White, podemos observar que los Ingresos obtenidos son de \$13.794,09, los Costos Totales de Producción son de \$ 6639.72, que corresponden al 38% del valor y las utilidades de \$7.154,33, que equivalen al 52% de los ingresos.

La relación Costo/Beneficio para la variedad Cal White es el valor resultante de dividir los ingresos entre los costos totales de producción:

$$\frac{B}{C} = \frac{\$13.794,09}{\$6.639,72} = 2.08$$

Al realizar esta sencilla operación matemática, se obtuvo que para la variedad Cal White, el valor resultante del análisis de la relación Costo/Beneficio fue de 2.08, esto significa que los ingresos son mayores a los egresos, por tanto se obtuvo el beneficio esperado del cultivo de esta variedad.

La relación Costo/Beneficio para la Variedad Monte Carlo indica que los Ingresos fueron de \$19.907,37, los Costos Totales de Producción son de \$ 6580.91 que tienen un equivalente del 33% de los ingresos y las Utilidades de \$13.326,46 que equivalen al 67%.

El valor resultante del análisis de la relación Costo/Beneficio para la variedad Monte Carlo es el siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\$19.907,37}{\$ 6.580,91} = 3,03$$

Este valor indica que la relación B/C > 1, por tanto, los ingresos son mayores que los egresos.

En la Tabla No.5, se puede observar que para la variedad Cardinal, los ingresos son de \$ 3135,02, los Costos Totales de Producción son de \$ 6532.56 y las Utilidades de \$(-3397.54.)

Al realizar el análisis de la relación Costo/Beneficio para la variedad Cardinal, se obtuvo el siguiente resultado:

$$\frac{B}{C} = \frac{\$3.135,02}{\$ 6.532,56} = 0.48$$

Este resultado muestra que la relación B/C < 1, por tanto, los egresos tienden a ser mayores que los ingresos.

IX. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al análisis físico-químico de suelo, se encontró que este tenía una textura franca con poco contenido de fósforo (1ppm), un alto contenido de potasio (3meq/100gr) y valores de pH y CE de 6.74 y 0.064 mmhos/cm por lo que estos suelos se pueden valorar como aptos para la papa.
2. Los registros de temperaturas nocturna indican que los valores medios de temperatura mínima es de 20.5°C, que son un poco superior a los 18°C considerados como óptimo para la papa, no obstante, la variabilidad térmica diaria es de 17.8°C, por lo que se puede afirmar que las condiciones térmicas son favorables para la plantación de este cultivo.
3. Según los resultados obtenidos de las variables de desarrollo vegetativo, la variedad que presentó mayor número, longitud y anchura de hojas fue la variedad Montecarlo, mientras que el análisis comparativo de las variable Brotes vs Porcentaje de Emergencia, se determinó que la Variedad Cal White alcanzó el mayor número de brotes y el mayor porcentaje de emergencia, lo cual indica que ambas variedades se adaptaron mejor a las condiciones de clima cálido y baja altitud.
4. Según los resultados del análisis comparativo del Número de tallos vs Número de Tubérculos, se observó que la variedad Monte Carlo presentó el mayor número de tubérculos, y a la vez menor número de tallos, este dato contradice lo planteado por Arsenault y Cristie, que implica que a mayor número de tallos se obtiene un mayor número de tubérculos, por lo que esta teoría no se cumple en nuestro caso de estudio.

5. Las variedades Monte Carlo y Cal White presentaron valores de 88 y 79.3 gr en peso de tubérculo respectivamente, con rendimientos de 23.11 y 16 Ton /Ha respectivamente, ambas con por encima de la media nacional que se encuentran entre 10-12 Ton/Ha por lo cual podemos afirmar que ambos presentan excelente adaptación a las condiciones de altitud y térmicas de la zona de estudio y que por tanto se acepta la hipótesis alternativa.

6. De acuerdo a los resultados de Costos de producción se obtuvieron valores de \$6.639,72 y \$6.580,91 para las variedades Cal White y Montecarlo respectivamente, sin embargo, al evaluar los ingresos totales obtenidos por la producción generaron utilidades de \$7.154,33 y \$13.326,46 respectivamente, con una relación B/C de 2.08 y 3.03, por lo tanto son dos variedades en las cuales se recomienda invertir.

X. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar nuevos proyectos o ensayos en los que se evalúen las variedades Cal White y Montecarlo en sitios similares a esta área de estudio para corroborar los resultados de esta investigación.
2. Realizar la siembra en los meses que presentan temperaturas adecuadas para el cultivo de papa en la zona de Puerto Morazán, estos meses comprenden entre Noviembre a Febrero, ya que son los meses que registran las temperaturas más bajas según el ensayo realizado.
3. Utilizar cortinas rompe vientos para evitar que la velocidad con que viaja el viento afecte al cultivo y así evitar presencia de enfermedades por acame en el tallo o las ramas secundarias.
4. La planta de papa requiere de asistencia y mantenimiento constantes, ya que es muy afectada por diversas plagas y enfermedades durante todo el proceso de desarrollo vegetativo y maduración del fruto, por tanto se deben de realizar buenas prácticas agrícolas acompañadas de un plan de riego, fertilización y manejo de plagas para obtener excelentes resultados.

XI. BIBLIOGRAFIA

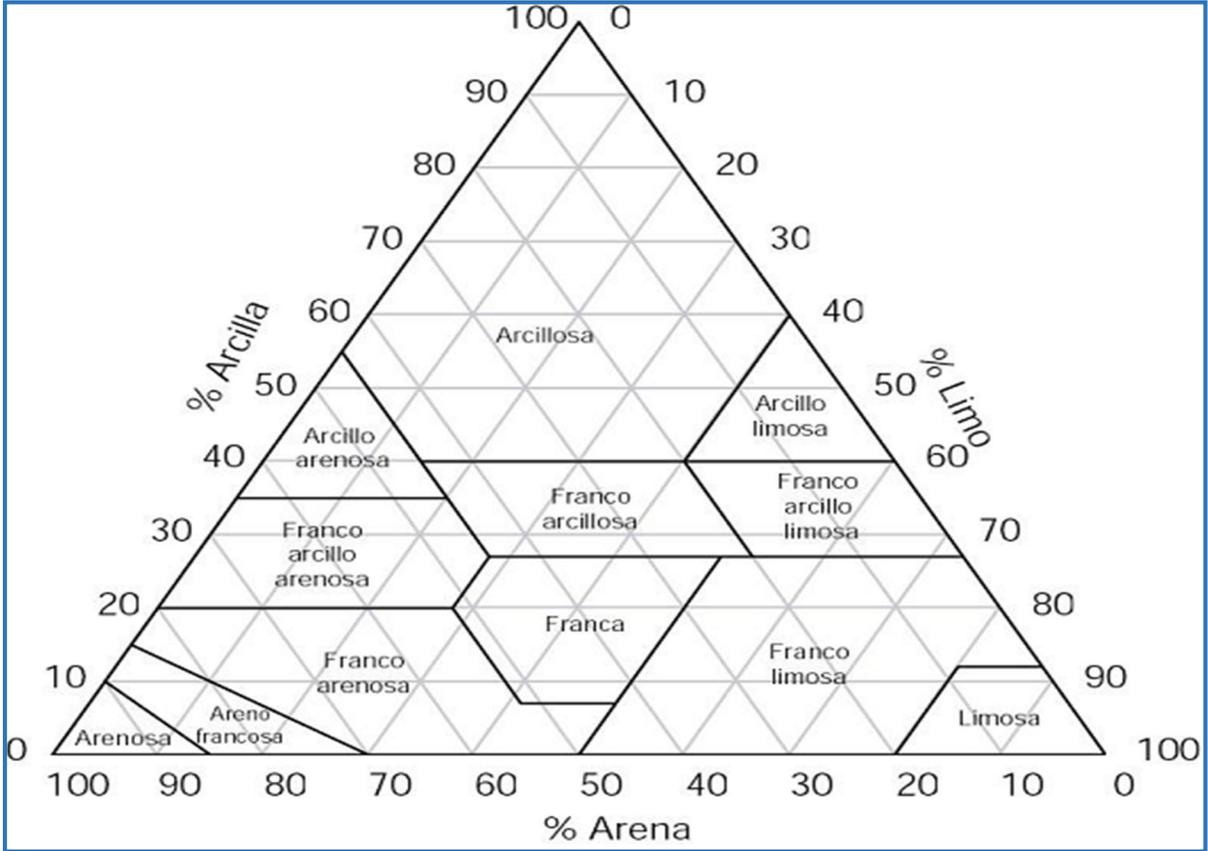
1. Bittara, Francisco; Rodríguez, Dorian; Hernández, Alexander. 2012. *Etiología de la sarna polvorienta de la papa en Venezuela*, vol. 37. Venezuela.
2. Castro, I; Contreras, A. 2011. *Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de papa*. Imprenta Austral, Valdivia-Chile 72 páginas.
3. Cieza, Lorenzo. 2002. *Cursos: Diseño de sistemas de riego I*. Universidad Nacional del Altiplano Puno.
4. Infoagro, 2005. El cultivo de la Papa. Sitec, Indap
5. FUNICA. 2007. *Análisis de la Cadena Sub sectorial de la papa Consumo*. 5, 7, 10p.
6. Garzón Tiznado, José A. 2002, *Boletín técnico Informativo Paratrioza cockerelli*, México)
7. Horton, D. 1992. *La Papa: producción, comercialización y programas*. International Potato Center.
8. López, et al., 1995. *El cultivo de la papa (Solanum tuberosum L). Caracterización Botánica y Agro-morfológica*.
9. Molina, Juan de Dios; Mairena Santos, Boanerge & Aguilar, Lesbia. 2004. *Manejo integrado de plagas*. INTA.
10. Ministerio Agropecuario Forestal (MAGFOR). 1999. *Agricultura y desarrollo*. Managua
11. Midmore, D. 1988. *Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido*. Lima, Centro internacional de la papa. 15 pág.

12. Muñoz, F. & Cruz, L. 1984. *Manual del cultivo de papa*. Quito. INIAP. 44 p.
13. Neira, R. 1986. *Tecnología del cultivo de papa. En: Memorias del IV Curso sobre tecnología del cultivo y manejo de semilla de papa*. Quito, Ecuador.
14. Oyarzún, P. et al. 2002. *Manejo Agronómico. El cultivo de la papa en Ecuador*. Pumisacho, M. y Sherwood, S. (Ed). Quito. INIAP, CIP. pp. 51-82.
15. Pavón García, Wilmer Paul & Alemán Siu, Benjamín Isaac. 2013. *Evaluación de la adaptabilidad de tres variedades de papa (Solanum tuberosum L.) al clima cálido de zonas de poca altura del pacífico de Nicaragua*. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua.
16. Pereira, Luis Santos, et al. 2010. *El riego y sus tecnologías*. Albacete, ediciones Europa-América.
17. Pérez, W & Forbes, G. 2011. *Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina*. Centro Internacional de la Papa (CIP). 44 págs.
18. Román Cortez, Miguel & Hurtado, Guillermo. 2002. *Guía Técnica del cultivo de la papa*. CENTA.
19. <http://www.riegos.cl/goteo.html>. (Consultada: 18/11/13).
20. <http://sistemasderiegoporgoteo.blogspot.com>. (Consultada: 18/11/13).
21. <http://html.rincondelvago.com/riego-por-goteo.html> (Consultada: 13/01/14)
22. <http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s03.htm#TopOfPage>
(Consultada 16/07/14)

ANEXOS

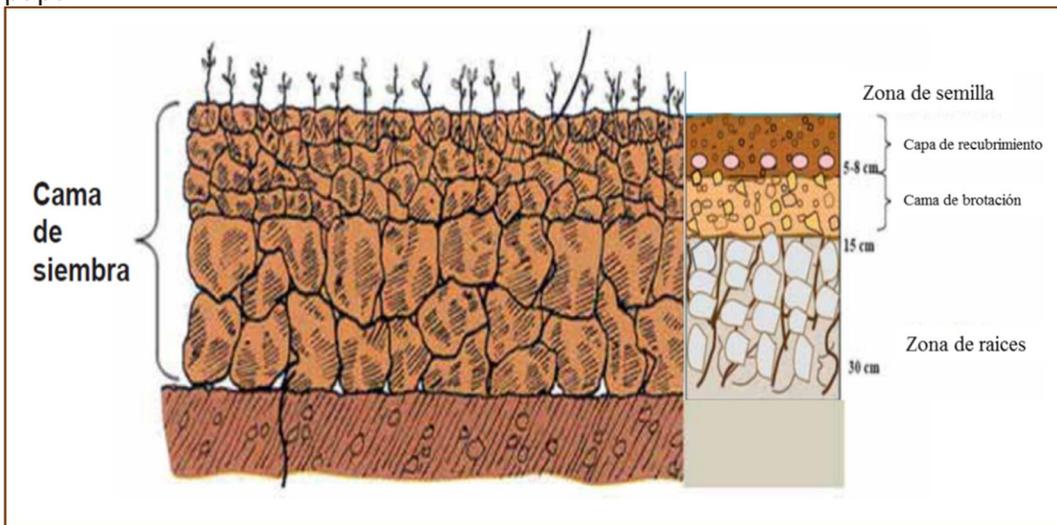
ANEXOS I: FIGURAS

Figura No 1. Triángulo Textural de Clasificación de Suelos



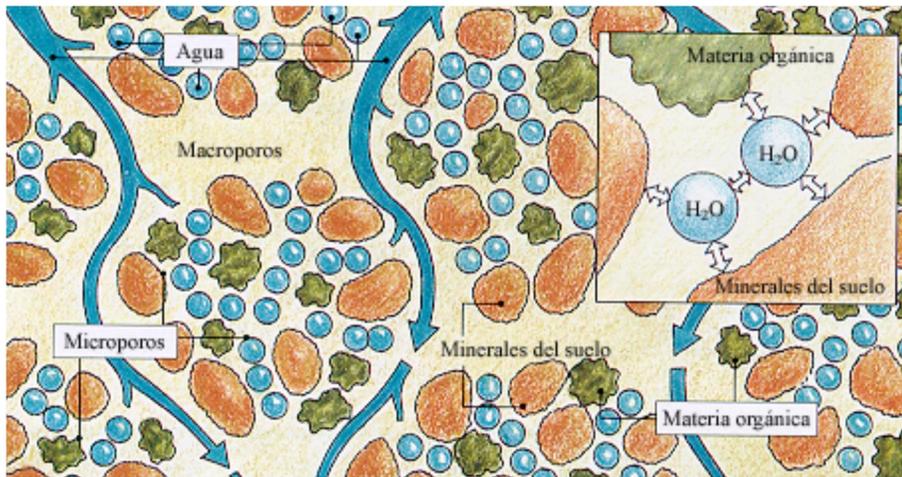
Fuente: USDA

Figura No 2: Distribución espacial zona de semilla y zona de raíces en la plantación de papa



Fuente: Todo sobre la papa, 2003.

Figura No 3. Los componentes de la estructura del suelo



Fuente: USER manual, 1992

ANEXO 2: TABLAS

Tabla No 1. Clasificación de la Densidad Aparente de un suelo en general

Densidad Aparente gr/cm ³	Evaluación
<1.0	Muy Baja
1.0– 1.2	Baja
1.2 – 1.45	Media
1.45 – 1.60	Alta
>1.60	Muy Alta

Fuente: Guías de prácticas de laboratorio de principios y métodos de Riego; Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Tecnología de la Construcción (F.T.C)

Tabla No 2. Clasificación de la Densidad Real de un suelo en general

Densidad Real gr/cm ³	Evaluación
<2.40	Bajo
2.40 – 2.60	Medio
2.60 – 2.80	Alto
>2.80	Muy Alto

Fuente: Guías de prácticas de laboratorio de principios y métodos de Riego; Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Tecnología de la Construcción (F.T.C)

Tabla No 3. Tabla de clasificación de Capacidad de Campo de un suelo en general

Capacidad de Campo % de volumen	Evaluación
< 20	Baja
20 – 40	Media
40 – 55	Alta
> 55	Muy Alta

Fuente: Guías de prácticas de laboratorio de principios y métodos de Riego; Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Tecnología de la Construcción (F.T.C)

Tabla No 4. Clasificación del Punto de marchitez permanente

Punto de Marchitez % Hbss	Calificación
<9.2	Baja
9.2 – 24.5	Media
24.5 – 45.8	Alta
>45.8	Muy Alta

Fuente: Guías de prácticas de laboratorio de principios y métodos de Riego; Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Tecnología de la Construcción (F.T.C)

Tabla No 5. Clasificación de la porosidad del suelo (%)

Ítems	Clasificación	Porosidad (%)
1	Muy Baja	< 2
2	Baja	2 – 5
3	Media	5 – 15
4	Alta	15 - 40
5	Muy Alta	>40

Fuente: Guía para la descripción de suelos, FAO 2009 (Roma).

Tabla No 6. Porcentaje de Humedad recomendable para el cultivo de papa

Tipo de suelo	Humedad Aprovechable (mm/cm)
ARENOSOS	0.50 – 0.65
FRANCO ARENOSOS	0.65 – 1.25
FRANCO LIMOSOS	1.25 – 1.80
ARCILLOSOS	1.80 – 2.50

Fuente: T. William Lambe & Robert V. Whitman (1969)

Tabla No 7. Tipos de suelo, según los valores de pH obtenidos

	Rango	Categoría
pH en Agua	≤ 4.5	Extremadamente ácido
	4.6 – 5.0	Muy fuertemente ácido
	5.1 – 5.5	Fuertemente ácido
	5.6 – 6.0	Moderadamente ácido
	6.1 – 6.5	Débilmente ácido

Fuente: Bernier Villarroel, René. INIA, serie acta no. 4, 2000

Tabla No 8: Clasificación de la Conductividad Eléctrica de los suelos

Conductividad Eléctrica (CE) en milimhos/cm a 25 °C	Clasificación del Suelo	Tolerancia de las plantas al contenido de sales
<2.0	No salino	Efecto de salinidad casi nulo.
2.0 – 4.0	Poco salino	Los rendimientos de los cultivos más sensibles se afectan.
4.0 – 8.0	Medianamente salino	Prosperan solamente los cultivos que toleran cierto grado de salinidad.
8.0 – 12.0	Fuertemente salino	Solo los cultivos tolerantes rinden apropiadamente.
>12.0	Extremadamente salino	Solo las especies muy tolerantes se adaptan.

Fuente: Guía de prácticas de Laboratorio de Edafología, UNI.

Tabla No 9. Valor y Clasificación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio presentes en el suelo.

Elemento	Nitrógeno (N-N°O3)	Fósforo (P)		Potasio (K)		
		Bray	Olsen	Acetato Amónico		Bicarbonato de Amonio - DTPA
Método de Análisis	2N KCl	Bray	Olsen	Acetato Amónico		Bicarbonato de Amonio - DTPA
Unidades	Ppm	ppm	ppm	meq/100g	ppm	Ppm
Bajo	<20	<20	<10	<0.45	<175	<60
Adecuado	20-41	20-40	10-15	0.45-0.7	175-280	61-120
Alto	41-75	40-100	15-40	0.7-2.0	280-800	121-180
Exceso	>75	>100	>40	>2.0	>800	>180

Fuente: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/analisis-quimico-del-suelo>

Tabla No 10. Clasificación de Elementos presentes en el suelo: Calcio, Magnesio y Azufre

Elemento	Calcio (Ca)		Magnesio (Mg)	
Método de Análisis	Acetato Amónico		Acetato Amónico	
Unidades	meq/100g	ppm	meq/100g	ppm
Bajo	<5	<1000	<0.5	<60
Adecuado	5-10	1000-2000	0.5-1.5	60-180
Alto	>10	>2000	>1.5	>180

Fuente: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/analisis-quimico-del-suelo>

Tabla No 11. Clasificación del Boro presentes en el suelo

Elemento	Boro (B)
Método de Análisis	Agua Caliente
Unidades	Ppm
Bajo	<0.5
Adecuado	0.5-2.0
Alto	>2.0

Fuente: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/analisis-quimico-del-suelo>

Tabla No 12. Porcentaje de M.O. de un suelo: "Método de Walkley – Black"

Interpretación de resultados.	
Menos del 1% de M.O	Contenido muy bajo. Suelo muy mineralizado
1 – 1.9 % de M.O	Contenido bajo. Suelo mineralizado
2 – 2.5 % de M.O	Contenido normal. Suelo mineral-orgánico
Más delo 2.5 % de M.O	Contenido alto. Suelo orgánico

Fuente: Marín García M. L. (2003)

Tabla No 13. Clasificación de la acidez intercambiable del suelo según pH

Rangos de pH	Clasificación
5.5 – 7	Despreciable

Fuente: Propia.

Tabla No 14. Capacidad de Intercambio Catiónico recomendable según tipo de suelo

Tipo de suelo	Rango de C.I.C
Suelos arenosos	5 meq/100
Suelos francos	5-15 meq/100
Suelos arcillosos	15-25 meq/100

Fuente: Laboratorio de edafología

Tabla No 15. Rango de valores del pH del agua

Tipo de suelo	pH de agua Recomendado según tipo de suelo
Suelos arenoso	5meq/100
Suelos francos	5-15 meq/100
Suelos arcillosos	15-25 meq/100

Fuente: www.tecnicoagricola.es/capacidad-de-intercambio-cationico-de-un-suelo

Tabla No 16. Clasificación del pH del agua para riego

Clasificación	Nivel del pH
Fuertemente ácida	< 3.5
Ácida	3.5 < x < 5.5
Débilmente ácida	5.5 < x < 6.8
Neutra	6.8 < x < 7.2
Débilmente básica	7.2 < x < 8.5
Básica	> 8.5

Fuente Sistema para la Identificación de Aguas en Pozos Petroleros (SIAPP), 2009.

Tabla No 17. Caracterización de los suelos para el cultivo de la papa

Propiedades Físicas	Rango Óptimo
Textura	Franca
Profundidad efectiva	> 50 cm
Densidad aparente	1.20 g x cm 3
Color	Oscuro
Contenido de materia orgánica	> 3.5%
Drenaje	Bueno
Capacidad de retención de agua	Buena a capacidad de campo
Topografía	Plana y semi plana
Propiedades Químicas	Rango Óptimo
Ph	5.5 – 6
N	Variable
P	28 mg kg- 1
K	> 5 %
Ca ⁺⁺	65 %
Mg ⁺⁺	18 %
Acidez total	< 10 %
Conductividad eléctrica	< 4 dsm- 1
Propiedades Biológicas	
Presencia de Microorganismos beneficiosos a la fertilidad del suelo	Muy alta

Fuente: Román Cortez Miguel, Hurtado Guillermo. Guía Técnica cultivo de la papa, CENTA 2002

Tabla No 18. Costos de Producción Variedad CalWhite

Descripción	U/M	Costo unitario C\$	Proyección a una Ha	Costo /Ha (C\$)	Costo /Ha (\$)
<i>LABOREO DE SUELO y M.O.:</i>					
Limpieza del terreno	D/ h	C\$ 100.00	7	C\$ 700.00	\$24.94
Arado	H/maq.	C\$ 2,002.00	4	C\$ 8,008.00	\$285.29
Gradeo	h/maq	C\$ 1,500.00	4	C\$ 6,000.00	\$213.75
Surcado	h/maq	C\$ 1,500.00	4	C\$ 6,000.00	\$213.75
SIEMBRA SEMILLA(Manual):					
Cal White	qq	C\$ 918.68	22	C\$ 20,210.96	\$720.02
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150.00	9	C\$ 1,350.00	\$48.09
CONTROL DE MALEZAS					
Mano de Obra/ Azadón	D/h	C\$ 150.00	36	C\$ 5,400.00	\$192.38
CONTROL DE PLAGAS					
Lorsban 5% Granulado	Kg	C\$ 78.67	31	C\$ 2,438.77	\$86.88
Evisect PS Insecticida	Kg	C\$ 1,175.80	4	C\$ 4,703.20	\$167.55
Knig (Clorotalonil)	L	C\$ 160.00	9	C\$ 1,440.00	\$51.30
Curzate Fungicida	Kg	C\$ 180.00	7	C\$ 1,260.00	\$44.89
Ekuation Fungicida	g	C\$ 2.96	1778	C\$ 5,262.88	\$187.49
Agrimicin Bactericida	Kg	C\$ 900.00	2	C\$ 1,800.00	\$64.13
Rotaprid Insecticida	G	C\$ 4.10	1111	C\$ 4,558.21	\$162.39
Helmetina Acaricida	L	C\$ 1,250.00	2	C\$ 2,500.00	\$89.06
Dismetrina Insecticida	L	C\$ 180.00	2	C\$ 360.00	\$12.83
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150.00	9	C\$ 1,350.00	\$48.09
FERTILIZACION					
Urea	qq	C\$ 606.00	11	C\$ 6,666.00	\$474.96
18-46-0	qq	C\$ 791.00	9	C\$ 7,119.00	\$619.95
KCL	qq	C\$ 680.00	9	C\$ 6,120.00	\$532.95
Nitrato de calcio	qq	C\$ 583.00	4	C\$ 2,332.00	\$456.93
Sulfato de Magnesio	Kg	C\$ 10.00	222	C\$ 2,220.00	\$7.84
Multifeed Fertilizante Foliar	Kg	C\$ 74.31	4	C\$ 297.24	\$58.24
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150.00	9	C\$ 1,350.00	\$117.56
SISTEMA DE RIEGO					
Cinta de Riego de 16mm 1lph/ 2200m	Rollos	C\$ 5,052.60	3.5	C\$ 17,684.10	\$630.00
Adaptador hembra de 1"	Unids.	C\$ 28.07	1	C\$ 28.07	\$1.00
Adaptador macho PVC 2"	Unidad	C\$ 42.11	1	C\$ 42.11	\$1.50
Adaptador macho PVC de 1 1/4"	Unids.	C\$ 112.28	4	C\$ 449.12	\$16.00

Adaptador macho PVC de 3"	Unids.	C\$ 84.21	1	C\$ 28.07	\$1.00
Cinta de Teflón	Unids.	C\$ 140.35	2	C\$ 392.98	\$14.00
Codo liso PVC de 1 1/4"	Unids.	C\$ 33,17	2	C\$ 112.28	\$4.00
Codo liso PVC de 2"	Unids.	C\$ 44.91	1	C\$ 42.11	\$1.50
Codo liso PVC de 3"	Unids.	C\$ 51,04	4	C\$ 449.12	\$16.00
Codos 3 x 45"	Unids.	C\$ 30.88	2	C\$ 168.42	\$6.00
Conectores iniciales PVCX PE de16mm	Unids.	C\$ 15,31	4	C\$ 561.40	\$20.00
Filtro de malla de 3"	Unids.	C\$ 1,964.90	4	C\$ 145.96	\$5.20
Mano de Obra	D/ h	C\$ 165.05	2	C\$ 89.82	\$3.20
Pegamento PVC 178 GALON	Galón	C\$ 150.46	1	C\$ 56.14	\$2.00
Manguera Polietileno de 16mm	Mts.	C\$ 7.30	1	C\$ 30.88	\$1.10
Reductor de 3 x 2"	Unids.	C\$ 68.77	220	C\$ 3,705.24	\$132.00
Reductor PVC de 2 x 1 ¼"	Unids.	C\$ 56.14	1	C\$ 1,964.90	\$70.00
Reductor PVC de 2 x 1"	Unids.	C\$ 42.11	2.0	C\$ 330.10	\$11.76
Tapones Hembras de 1 1/4"	Unids.	C\$ 32.28	1	C\$ 150.46	\$5.36
Tee lisa PVC de 1/2"	Unids.	C\$ 9.82	220	C\$ 1,605.60	\$57.20
Tee lisa PVC de 2 x 90"	Unids.	C\$ 56.14	2	C\$ 137.54	\$4.90
Tee lisa PVC de 3"	Unids.	C\$ 131.93	4	C\$ 224.56	\$8.00
Tubería PVC de 2" SDR-41	Unids.	C\$ 280.70	1	C\$ 42.11	\$1.50
Tubería PVC de 3" SDR-41	Unids.	C\$ 336.84	1	C\$ 56.14	\$2.00
Tubería PVC de 1 1/4"	Unids.	C\$ 196.49	1	C\$ 131.93	\$4.70
Válvula de Aire 1"	Unids.	C\$ 561.40	9	C\$ 2,526.30	\$90.00
Válvula de globo de 2"	Unids.	C\$ 196.49	17	C\$ 5,726.28	\$204.00
Válvula de globo de 3"	Unids.	C\$ 280.70	18	C\$ 3,536.82	\$126.00
COSECHA					
Mano de Obra/ Cosecha	D/h	C\$ 150.00	27	C\$ 4,050.00	\$158.76
Transporte	Viaje	C\$ 2,000.00	1	C\$ 2,000.00	\$78.40
Empaque	Unidad	C\$ 5,00	352	C\$ 1,759.61	\$68.98
TOTAL		C\$ 25,633.92		C\$ 148,023.90	\$6,639.76

FACTOR DE PROYECCION	0.225
CAMBIO:	28.07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla No 19. Costos de Producción Variedad Monte Carlo

Descripción	U/M	Costo unitario C\$	Proyección a una Ha	Costo /Ha (C\$)	Costo /Ha (\$)
<i>LABOREO DE SUELO y M.O:</i>					
Limpieza del terreno	D/ h	C\$ 100.00	7	C\$ 700.00	\$24.94
Arado	h/maq	C\$ 2,002.00	4	C\$ 8,008.00	\$285.29
Gradeo	h/maq	C\$ 1,500.00	4	C\$ 6,000.00	\$213.75
Surcado	h/maq	C\$ 1,500.00	4	C\$ 6,000.00	\$213.75
SIEMBRA SEMILLA(Manual):					
Monte Carlo	qq	C\$ 1,658.72	11	C\$ 18,245.92	\$650.01
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150.00	9	C\$ 1,350.00	\$48.09
CONTROL DE MALEZAS					
Mano de Obra/ Azadón	D/h	C\$ 150.00	36	C\$ 5,400.00	\$192.38
CONTROL DE PLAGAS					
Lorsban 5% Granulado	Kg	C\$ 78.67	31	C\$ 2,438.77	\$86.88
Evisect PS Insecticida	Kg	C\$ 1,175.80	4	C\$ 4,703.20	\$167.55
Knig (Clorotalonil)	L	C\$ 160.00	9	C\$ 1,440.00	\$51.30
Curzate Fungicida	Kg	C\$ 180.00	7	C\$ 1,260.00	\$44.89
Ekuation Fungicida	g	C\$ 2.96	1778	C\$ 5,262.88	\$187.49
Agrimicin Bactericida	Kg	C\$ 900.00	2	C\$ 1,800.00	\$64.13
Rotaprid Insecticida	G	C\$ 4.10	1111	C\$ 4,558.21	\$162.39
Helmectina Acaricida	L	C\$ 1,250.00	2	C\$ 2,500.00	\$89.06
Dismetrina Insecticida	L	C\$ 180.00	2	C\$ 360.00	\$12.83
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150.00	9	C\$ 1,350.00	\$48.09
FERTILIZACION					
Urea	qq	C\$ 606.00	11	C\$ 6,666.00	\$474.96
18-46-0	qq	C\$ 791.00	9	C\$ 7,119.00	\$619.95
KCL	qq	C\$ 680.00	9	C\$ 6,120.00	\$532.95
Nitrato de calcio	qq	C\$ 583.00	4	C\$ 2,332.00	\$456.93
Sulfato de Magnesio	Kg	C\$ 10.00	222	C\$ 2,220.00	\$7.84
Multifeed Fertilizante Foliar	Kg	C\$ 74.31	4	C\$ 297.24	\$58.24
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150.00	9	C\$ 1,350.00	\$117.56
SISTEMA DE RIEGO					
Cinta de Riego de 16mm 1lph/ 2200m	Rollos	C\$ 5,052.60	3.5	C\$ 17,684.10	\$630.00
Adaptador hembra de 1"	Unids.	C\$ 28.07	1	C\$ 28.07	\$1.00
Adaptador hembra de 3"	Unids.	C\$ 196.49	2	C\$ 392.98	\$14.00
Adaptador macho PVC 2"	Unids.	C\$ 56.14	2	C\$ 112.28	\$4.00
Adaptador macho PVC 2"	Unidad	C\$ 42.11	1	C\$ 42.11	\$1.50
Adaptador macho PVC de 1 1/4"	Unids.	C\$ 112.28	4	C\$ 449.12	\$16.00

Adaptador macho PVC de 3"	Unids.	C\$ 84.21	2	C\$ 168.42	\$6.00
Cinta de Teflón	Unids.	C\$ 140.35	4	C\$ 561.40	\$20.00
Codo liso PVC de 1 1/4"	Unids.	C\$ 36.49	4	C\$ 145.96	\$5.20
Codo liso PVC de 2"	Unids.	C\$ 44.91	2	C\$ 89.82	\$3.20
Codo liso PVC de 3"	Unids.	C\$ 56.14	1	C\$ 56.14	\$2.00
Codos 3 x 45"	Unids.	C\$ 30.88	1	C\$ 30.88	\$1.10
Conectores iniciales PVCX PE de 16mm	Unids.	C\$ 16.84	220	C\$ 3,705.24	\$132.00
Filtro de malla de 3"	Unids.	C\$ 1,964.90	1	C\$ 1,964.90	\$70.00
Mano de Obra	D/ h	C\$ 165.05	2.0	C\$ 330.10	\$11.76
Pegamento PVC 178 GALON	Galón	C\$ 150.46	1	C\$ 150.46	\$5.36
Manguera Polietileno de 16mm	Mts.	C\$ 7.30	220	C\$ 1,605.60	\$57.20
Reductor de 3 x 2"	Unids.	C\$ 68.77	2	C\$ 137.54	\$4.90
Reductor PVC de 2 x 1 1/4"	Unids.	C\$ 56.14	4	C\$ 224.56	\$8.00
Reductor PVC de 2 x 1"	Unids.	C\$ 42.11	1	C\$ 42.11	\$1.50
Tee lisa PVC de 2 x 90"	Unids.	C\$ 56.14	1	C\$ 56.14	\$2.00
Tee lisa PVC de 3"	Unids.	C\$ 131.93	1	C\$ 131.93	\$4.70
Tubería PVC de 2" SDR-41	Unids.	C\$ 280.70	9	C\$ 2,526.30	\$90.00
Tubería PVC de 3" SDR-41	Unids.	C\$ 336.84	17	C\$ 5,726.28	\$204.00
Tubería PVC de 1 1/4"	Unids.	C\$ 196.49	18	C\$ 3,536.82	\$126.00
Válvula de Aire 1"	Unids.	C\$ 561.40	1	C\$ 561.40	\$20.00
Válvula de globo de 2"	Unids.	C\$ 196.49	2	C\$ 392.98	\$14.00
Válvula de globo de 3"	Unids.	C\$ 280.70	1	C\$ 280.70	\$10.00
COSECHA					
Mano de Obra/ Cosecha	D/h	C\$ 150.00	27	C\$ 4,050.00	\$142.50
Transporte	Viaje	C\$ 2,000.00	1	C\$ 2,000.00	\$71.25
Empaque	Unidad	C\$ 5.00	508	C\$ 2,540.00	\$90.49
TOTAL:		C\$ 26,584.48		C\$ 147,205.56	\$6,580.91

FACTOR DE PROYECCION	0.225
CAMBIO:	28.07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla No 20. Costos de Producción Variedad Cardinal.

Descripción	U/M	Costo unitario C\$	Proyección a una Ha	Costo /Ha (C\$)	Costo /Ha (\$)
LABOREO DE SUELO y M.O:					
Limpieza del terreno	D/ h	C\$ 100,00	7	C\$ 700.00	\$24.94
Arado	h/maq	C\$ 2.002,00	4	C\$ 8,008.00	\$285.29
Gradeo	h/maq	C\$ 1.500,00	4	C\$ 6,000.00	\$213.75
Surcado	h/maq	C\$ 1.500,00	4	C\$ 6,000.00	\$213.75
SIEMBRA SEMILLA(Manual):					
Cardinal	Qq	C\$ 1.658,72	11	C\$ 18,245.92	\$650.01
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150,00	9	C\$ 1,350.00	\$48.09
CONTROL DE MALEZAS					
Mano de Obra/ Azadón	D/h	C\$ 150,00	36	C\$ 5,400.00	\$192.38
CONTROL DE PLAGAS					
Lorsban 5% Granulado	Kg	C\$ 78,67	31	C\$ 2,438.77	\$86.88
Evisect PS Insecticida	Kg	C\$ 1.175,80	4	C\$ 4,703.20	\$167.55
Knig (Clorotalonil)	L	C\$ 160,00	9	C\$ 1,440.00	\$51.30
Curzate Fungicida	Kg	C\$ 180,00	7	C\$ 1,260.00	\$44.89
Ekuation Fungicida	G	C\$ 2,96	1778	C\$ 5,262.88	\$187.49
Agrimicin Bactericida	Kg	C\$ 900,00	2	C\$ 1,800.00	\$64.13
Rotaprid Insecticida	G	C\$ 4,10	1111	C\$ 4,558.21	\$162.39
Helmectina Acaricida	L	C\$ 1.250,00	2	C\$ 2,500.00	\$89.06
Dismetrina Insecticida	L	C\$ 180,00	2	C\$ 360.00	\$12.83
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150,00	9	C\$ 1,350.00	\$48.09
FERTILIZACION					
Urea	Qq	C\$ 606,00	11	C\$ 6,666.00	\$474.96
18-46-0	Qq	C\$ 791,00	9	C\$ 7,119.00	\$619.95
KCL	Qq	C\$ 680,00	9	C\$ 6,120.00	\$532.95
Nitrato de calcio	Qq	C\$ 583,00	4	C\$ 2,332.00	\$456.93
Sulfato de Magnesio	Kg	C\$ 10,00	222	C\$ 40.00	\$7.84
Multifeed Fertilizante Foliar	Kg	C\$ 74,31	4	C\$ 297.24	\$58.24
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150,00	9	C\$ 1,350.00	\$117.56
SISTEMA DE RIEGO					
Cinta de Riego de 16mm 1lph/ 2200m	Rollos	C\$ 4.593,24	3.5	C\$ 17,684.10	\$630.00
Adaptador hembra de 1"	Unids.	C\$ 25,52	1	C\$ 28.07	\$1.00
Adaptador hembra de 3"	Unids.	C\$ 178,63	2	C\$ 392.98	\$14.00
Adaptador macho PVC 2"	Unids.	C\$ 51,04	2	C\$ 112.28	\$4.00
Adaptador macho PVC 2"	Unidad	C\$ 38,28	1	C\$ 42.11	\$1.50
Adaptador macho PVC de 1 1/4"	Unids.	C\$ 102,07	4	C\$ 449.12	\$16.00

Adaptador macho PVC de 3"	Unids.	C\$ 76,55	2	C\$ 168.42	\$6.00
Cinta de Teflón	Unids.	C\$ 127,59	4	C\$ 561.40	\$20.00
Codo liso PVC de 1 1/4"	Unids.	C\$ 33,17	4	C\$ 145.96	\$5.20
Codo liso PVC de 2"	Unids.	C\$ 40,83	2	C\$ 89.82	\$3.20
Codo liso PVC de 3"	Unids.	C\$ 51,04	1	C\$ 56.14	\$2.00
Codos 3 x 45"	Unids.	C\$ 28,07	1	C\$ 30.88	\$1.10
Conectores iniciales PVCX PE de 16mm	Unids.	C\$ 15,31	220	C\$ 3,705.24	\$132.00
Filtro de malla de 3"	Unids.	C\$ 1.786,26	1	C\$ 1,964.90	\$70.00
Mano de Obra	D/ h	C\$ 150,05	2.0	C\$ 330.10	\$11.76
Pegamento PVC 178 GALON	Galón	C\$ 136,78	1	C\$ 150.46	\$5.36
Manguera Polietileno de 16mm	Mts.	C\$ 6,63	220	C\$ 1,605.60	\$57.20
Reductor de 3 x 2"	Unids.	C\$ 62,52	2	C\$ 137.54	\$4.90
Reductor PVC de 2 x 1 1/4"	Unids.	C\$ 51,04	4	C\$ 224.56	\$8.00
Reductor PVC de 2 x 1"	Unids.	C\$ 38,28	1	C\$ 42.11	\$1.50
Tapones Hembras de 1 1/4"	Unids.	C\$ 29,35	4	C\$ 129.12	\$4.60
Tee lisa PVC de 1/2"	Unids.	C\$ 8,93	1	C\$ 9.82	\$0.35
Tee lisa PVC de 2 x 90"	Unids.	C\$ 51,04	1	C\$ 56.14	\$2.00
Tee lisa PVC de 3"	Unids.	C\$ 119,93	1	C\$ 131.93	\$4.70
Tubería PVC de 2" SDR-41	Unids.	C\$ 255,18	9	C\$ 2,526.30	\$90.00
Tubería PVC de 3" SDR-41	Unids.	C\$ 306,22	17	C\$ 5,726.28	\$204.00
Tubería PVC de 1 1/4"	Unids.	C\$ 178,63	18	C\$ 3,536.82	\$126.00
Válvula de Aire 1"	Unids.	C\$ 510,36	1	C\$ 561.40	\$20.00
Válvula de globo de 2"	Unids.	C\$ 178,63	2	C\$ 392.98	\$14.00
Válvula de globo de 3"	Unids.	C\$ 255,18	1	C\$ 280.70	\$10.00
COSECHA					
Mano de Obra/ Cosecha	D/h	C\$ 150,00	27	C\$ 4,000.00	\$156.80
Transporte	Viaje	C\$ 2.000,00	1	C\$ 2,000.00	\$78.40
Empaque	Unidad	C\$ 5,00	80	C\$ 401.39	\$15.73
TOTAL		C\$ 26,626.59		C\$ 142,975.90	\$6,532.56

FACTOR DE PROYECCION	0.225
CAMBIO:	28.07 (según el BCN)

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No 21. Relación Beneficio - Costo de las variedades evaluadas

Variedad	Relación B/C
Cal White	2.08
Monte Carlo	3.03
Cardinal	0.48

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4: DISEÑOS

(AGRONÓMICO, GEOMÉTRICO E HIDRÁULICO)

Tabla No.1: Datos para el diseño agronómico.

DISEÑO AGRONOMICO	
Norma Neta del suelo	Nn: 394.67 mm
Norma Bruta del suelo	Nb: 443.5 mm
Evapotranspiración Real	Etr: 6.75 mm/día.
Necesidades Totales	Nt: 8.52 mm/día.
Intensidad de aplicación del emisor	4.2 mm/hr.
Tiempo de Riego	2 horas

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No.2: Datos para el diseño hidráulico

DISEÑO HIDRAULICO	
Tubería Lateral	
Longitud	50 m.
Espaciamiento entre lateral	35 cm.
Caudal del Lateral	0.000184 m ³ /s
Pérdida de carga en la tubería lateral.	hf1: 6.94 m
Presión a la entrada del lateral	hl: 13.05 m.
Presión mínima en el lateral	hn: 4.61 m.
Tubería Terciaria	
Longitud	30 cm
Espaciamiento	90 cm
Diámetro	1 ½"
Caudal	0.18 lps
Caudal total	5.94 lps
Pérdida de carga en la terciaria	hft: 6.49 m.

Presión a la entrada de la terciaria	ht: 17.92 m
Presión mínima en la terciaria	hn: 11.43 m.
Tubería Conectora	
Longitud	80 m.
Caudal	5.94 lps
Diámetro	2.50" mm.
Perdida de carga en la tubería conectora	hfc: 12.08 m.
Presión a la entrada de la conectora	Hc: 26.58 m

Fuente: Elaboración propia.

Cálculos del Diseño agronómico.

- **Calculo de la norma neta del suelo.**

$$Nn = 100 * Da * hr(CC - PMP)^{2/3}$$

$$Nn = 100 * 1 \text{ gr/cm}^3 * 0.40 \text{ m}(32.5 - 17.7)^{2/3}$$

$$Nn = 394.67 \text{ mm}$$

- **Norma bruta del suelo.**

$$Nb = \frac{Nn}{Ef}$$

$$Nb = \frac{394.67 \text{ mm}}{0.89}$$

$$Nb = 443.5 \text{ mm} \approx 0.44 \text{ m.}$$

- **Calculo de la norma neta del cultivo.**

$$Nnc = Etr(\text{evapotranspiracion real})$$

$$Etr = Eto * Kc$$

$$Etr = 5.87 \text{ mm/dia} * 1.15$$

$$Etr = 6.75 \text{ mm/dia.}$$

➤ **Necesidades totales.**

$$Nt = \frac{Nnc}{(1-k)Cu} = \frac{Etr}{Ef * Cu}$$

$$Nt = \frac{6.75 \text{ mm/dia}}{0.89 * 0.89}$$

$$Nt = 8.52 \text{ mm/dia.}$$

➤ **Cálculo de la intensidad de aplicación del emisor.**

$$Ia = \frac{qo}{Ee * El} * Ef$$

$$Ia = \frac{0.0015 \text{ m}^3/h}{0.35\text{m} * 0.90 \text{ m}} * 0.89$$

$$Ia = 0.004 \text{ m/hr} \approx 4.2 \text{ mm/hr}$$

➤ **Cálculo del tiempo de riego.**

$$Tr = \frac{Nt}{Ia}$$

$$Tr = \frac{8.52 \text{ mm/dia}}{4.2 \text{ mm/hr}}$$

$$Tr = 2 \text{ hr.}$$

Cálculos del Diseño hidráulico.

➤ **Diseño de la tubería lateral.**

Datos

$$qo = 1.5 \text{ lph.}$$

$$ho = 10\text{psi}$$

$$\text{Diametro} = 16 \text{ mm.} = 13.2 \text{ mm de diametro interno.}$$

$$\text{Longitud de lateral} = 50 \text{ m.}$$

$$Ee = 0.35 \text{ m}$$

$$Io = Ee$$

$$fe = 0.31$$

$$F = 0.367$$

$$S = 3 \%$$

$$n = 166$$

➤ **Cálculo del caudal de la tubería lateral.**

$$ql = qo * n$$

$$ql = 4 \text{ lph} * 166$$

$$q = 664 \text{ lph}$$

$$q = 2.92 \text{ gpm} \approx 0.18 \text{ lps}$$

$$q = 0.000184 \text{ m}^3/\text{s}.$$

➤ **Pérdida de carga unitaria.**

$$J = 7.89 * 10^7 * (Q^{1.75} / D^{4.75})$$

$$J = 7.89 * 10^7 * (0.18 \text{ lps}^{1.75} / 13.2 \text{ mm}^{4.75})$$

$$J = 18.6 \text{ mm}/100 \text{ m}$$

➤ **Pérdida de carga corregida.**

$$J' = J[(Se + fe)/Se]$$

$$J' = 18.6 \text{ mm} [(0.30 \text{ m} + 0.31)/0.30]$$

$$J' = 37.82 \text{ m}/100 \text{ m}.$$

➤ **Pérdida de carga en la tubería lateral.**

$$hf1 = J' * F * \left(\frac{L}{100}\right)$$

$$hf1 = 37.82 \text{ mm} * 0.367 * \left(\frac{50}{100}\right)$$

$$hf1 = 6.94 \text{ m}.$$

➤ **Presión a la entrada del lateral.**

$$hl = ho + \frac{3}{4} hf1 + \frac{1}{2} \Delta El$$

$$hl = 7.1 + \frac{3}{4} (6.94 \text{ m}) + \frac{1}{2} \left[3 \left(\frac{50}{100} \right) \right]$$

$$hl = 13.05 \text{ m}.$$

➤ **Presión mínima en el lateral.**

$$h_n = h_l - (hf_1 + \Delta E_l)$$

$$h_n = 13.05 \text{ m} - \left[6.94 \text{ m} + 3 \left(\frac{50}{100} \right) \right]$$

$$h_n = 4.61 \text{ m.}$$

➤ **Cálculo de la diferencia de presiones.**

$$\Delta h = h_l - h_n$$

$$\Delta h = 13.05 \text{ m} - 4.61 \text{ m} = 8.44 \text{ m.}$$

➤ **Diseño de la tubería terciaria.**

Datos

longitud de la terciaria = 30 m

$$E_l = 0.90 \text{ m}$$

Diametro: 1 1/2"; 38 mm de diametro interno.

$$S = 0 \%$$

$$q_l = 0.18 \text{ lps}$$

$$N_{lat} = 33$$

$$f_e = 0.02$$

$$F = 0.379$$

➤ **Cálculo del caudal de la terciaria.**

$$q_t = N * q_l$$

$$q_t = 33 * 0.18 \text{ lps.}$$

$$q_t = 5.94 \text{ lps.}$$

➤ **Cálculo de las pérdidas unitarias.**

$$J = 7.89 * 10^7 * (Q^{1.75} / D^{4.75})$$

$$J = 7.89 * 10^7 * (5.94^{1.75} \text{ lps} / 38^{4.75} \text{ mm}).$$

$$J = 55.88 \text{ m.}$$

- **Cálculo de la pérdida de carga unitaria corregida.**

$$J' = J[(Sl + fe)/Sl]$$

$$J' = 55.88 \text{ m}[(0.90 \text{ m} + 0.02)/0.90 \text{ m}]$$

$$J' = (57.12 \text{ m}) / (100 \text{ m}).$$

- **Pérdida de carga en la terciaria.**

$$hft = J' * F * (L/100)$$

$$hft = 57.12 \text{ m} * 0.379 * (30/100)$$

$$hft = 6.49 \text{ m}.$$

- **Presión a la entrada de la terciaria.**

$$ht = hl + \frac{3}{4} hf1 + \frac{1}{2} \Delta El$$

$$ht = 13.05 \text{ m} + \frac{3}{4} * 6.49 \text{ m}$$

$$ht = 17.92 \text{ m}.$$

- **Presión mínima en la terciaria.**

$$hn = ht - (hft + \Delta Ee)$$

$$hn = 17.92 \text{ m} - 6.49 \text{ m}.$$

$$hn = 11.43 \text{ m}.$$

- **Diferencia de presiones.**

$$\Delta H = ht - hn.$$

$$\Delta H = 17.92 \text{ m} - 11.43 \text{ m}.$$

$$\Delta H = 6.49 \text{ m}.$$

- **Diseño de tubería conductora.**

$$Qc = 5.94 \text{ lps} \approx 0.00594 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Longitud de la conductora} = 80 \text{ m}.$$

Diámetro según criterio de velocidad permisible.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi * V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00594}{\pi * 1.52 \text{ m/s}}}$$

$$D = 0.071 \text{ m} \approx 70.54 \text{ mm.}$$

$$D_{\text{comercial}}: 2''; 50 \text{ mm.}$$

➤ **Calculo de la perdida unitaria. (m/100 m).**

$$J = 7.89 * 10^7 * (Q^{1.75}/D^{4.75})$$

$$J = 7.89 * 10^7 * (5.94^{1.75} \text{ m}/50^{4.75} \text{ mm})$$

$$J = 15.1 \text{ m} / (100 \text{ m})$$

➤ **Perdida de carga en la tubería conductora.**

$$hfc = J * \frac{L}{100}$$

$$hfc = J * \frac{80}{100}$$

$$hfc = 12.08 \text{ m.}$$

➤ **Calculo de la presión a la entrada de la conductora.**

$$Hc = ht + \frac{3}{4} hfc + \frac{1}{2} \Delta Ee$$

$$Hc = 17.92 \text{ m} + \frac{3}{4} (12.08) - \frac{1}{2} (1 * 80/100)$$

$$Hc = 26.58 \text{ m}$$

ANEXO5: REQUERIMIENTO Y DOSIS DE FERTILIZANTES

FERTILIZACION

- **Calculo del peso del suelo**

Área: $10000 \text{ m}^2 = 1 \cdot 10^8 \text{ cm}^2$.

H = 20 cm.

V = $1 \cdot 10^8 \text{ cm}^2 \cdot 20 \text{ cm} = 2 \cdot 10^9 \text{ cm}^3$.

Da = 1 g/cm^3

%MO = 2.25

Por tanto:

$$Ws (\text{Kg}/\text{Ha}) = \text{Area} \cdot \text{Hr} \cdot \text{Da}$$

$$Ws (\text{Kg}/\text{Ha}) = 2 \cdot 10^9 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ gr/cm}^3 = 2000000 \text{ kg/ ha.}$$

- **Calculo del N en base al peso de la materia orgánica**

$W_{\text{M.O}} = \text{peso del suelo (Kg/ ha)} \cdot (\% \text{ M.O}_{\text{suelo}}/100)$

$W_{\text{M.O}} = 2000000 \text{ kg/ha} \cdot (2.25/100)$

$W_{\text{M.O}} = 45000 \text{ kg de M.O.}$

- **Nitrógeno total.**

$$N_{\text{total}} (\text{Kg}) = W_{\text{M.O}} (\text{Kg}) \cdot (\text{Ef}_N/100)$$

Donde Ef: eficiencia del Nitrógeno y se considera de un 50%

$$N_{\text{total}} = 45000 \text{ kg} \cdot (5/100)$$

$$N_{\text{total}} = 2250 \text{ kg.}$$

- **Cantidad de nitrógeno asimilable por planta.**

$$N_{\text{asimilable}} = N_{\text{total}} (\text{kg}) \cdot (\text{Ef}_N/100).$$

De donde para Ef_N se considera el 2% del total.

$$N_{\text{asimilable}} = [2250 \text{ kg} \cdot (2/100)]$$

$$N_{\text{asimilable}} = 45 \text{ kg de N/ ciclo.}$$

Esta es la cantidad de nitrógeno que la planta puede aprovechar para su desarrollo.

- **Requerimiento de nitrógeno por hectárea.**

Requerimiento de N = 250 kg/ha

$$N_{\text{Asimilable}} (\text{Kg}) = N_{\text{total}} (\text{Kg}) * (\text{Ef}_{\text{N asimilable}} / 100)$$

$$\text{Dosis de N} = (250 \text{ kg/ha} - 45 \text{ kg/ha}) * 100 / 50$$

Dosis de N = 410 kg de N/ha.

- 1. Cálculo para el fósforo.**

- **Aporte del suelo**

$$\text{Aporte P} = (\text{Concentración P en el suelo} * W_{\text{suelo}}) * 2.29$$

$$P = 1 \text{ ppm.} = 1 \text{ mg/kg} * 1 \text{ kg}/1000000 \text{ mg}$$

$$P = 1 * 10^{-6}$$

$$P_2 O_5 = (1 * 10^{-6} * 2000000 \text{ kg/ha}) * 2.29$$

$$P_2 O_5 = 4.58 \text{ kg de P/ha.} = 5 \text{ kg de fósforo disponible.}$$

Donde 2.29 es una constante

- **Requerimiento de fósforo por Ha.**

Requerimiento de fósforo = 92 kg/ha.

$$\text{Dosis de P} = (\text{Requerimiento P} - P_{\text{asimilable}}) * (100 / \text{Ef})$$

Donde Ef = 35%

$$\text{Dosis de P} = (92 \text{ kg/ha} - 5 \text{ kg/ha}) * 100 / 35$$

Dosis de P = 249 kg/ha de P asimilable.

- 2. Cálculo para el potasio.**

- **Aporte del suelo**

$$1 \text{ peq} = P. \text{ mol. (pm)} / \text{Valencia (v)}$$

$$V = 1$$

$$1 \text{ peq K} = 39 / 1$$

1 peq k= 39- El contenido de potasio es = 3 meq/ 100gr de suelo y
1 peq K= 39.

3 peq/100*39= 117 mg de potasio/100gr de suelo por 10.

= 1170 mg de potasio/kg de suelo.

Dióxido de potasio = $[1170 \text{ mg/kg} / (1\text{kg}/1*10^6 \text{ mg})] * 2000000 \text{ kg/Ha} * 1.2$

Dióxido de potasio = 2808 kg de k / Ha aportado por el suelo.

- **Requerimiento de potasio por Ha**

Requerimiento de potasio = 360 kg/ Ha.

Dosis de potasio = (Requerimiento de K – aporte de K del suelo) * (100/ Ef)

En donde Ef= 60%

Dosis de potasio = $(360 \text{ kg/ Ha} - 2808 \text{ kg/Ha}) * 100/60$

Dosis de potasio = -4080 kg de potasio por Ha.

Nota: No es necesario aplicar potasio.

3. Dosificación de fertilizantes

- **Formula 18-46-0.**

Requerimiento de aplicación de 249 kg de fosforo/ha.

$W_{\text{fertilizante}} = \text{Requerimiento P (Kg)} / \text{concentración de P en el fertilizante (\%)}$

$W_{18-46-0} \text{ (kg)} = 249 \text{ kg}/0.46 = 540 \text{ kg}.$

Aporte de nitrógeno por el 18-46-0

$\text{Aporte N (Kg)} = W_{\text{fertilizante}} \text{ (Kg)} / \text{Concentración de N en el Fertilizante (\%)}$

$\text{Aporte N} = 540 \text{ kg} * 0.18 = 97 \text{ kg}.$

$\text{Peso de kg de potasio} = 540 \text{ kg} - 97 \text{ kg} = 443 \text{ kg}.$

- **Urea 46 % = 680 kg.**

$W_{\text{urea}} \text{ (Kg)} = (\text{Requerimiento N (Kg)} - \text{Aporte N}_{18-46-0}) / \text{Concentración Urea}$

$$W_{\text{urea}} (\text{Kg}) = (410 \text{ kg} - 97\text{Kg}) * \%0.46 = 680 \text{ Kg}$$

- Calculo para 3000m².

Nitrógeno:

1Ha----410 kg

0.3Ha---X

Por tanto X= 123 kg de Nitrógeno.

Fosforo:

1Ha----249kg

0.3Ha---X

Por tanto X= 75kg de potasio

Dosificación de Fertilizante:

75kg /0.46= 163kg.

Aporte de Nitrógeno:

N= 163kg* 0.18 = 29 kg de Nitrógeno.

P= 163kg - 29kg = 134 kg de Fosforo.

Fertilización.

Requerimiento de Nitrógeno por ha. = 410 kg de N/ ha

Requerimiento de fosforo por ha. = 249 kg de fosforo./ ha.

Requerimiento de potasio por ha. = -4080 kg de potasio/ ha.

- Calculo para 3000m².

Nitrógeno:

1Ha----410 kg

0.3Ha---X

Por tanto $X = 123$ kg de Nitrógeno.

Fosforo:

1Ha----249kg

0.3Ha---X

Por tanto $X = 75$ kg de potasio

Dosificación de Fertilizante:

$75\text{kg} / 0.46 = 163\text{kg}$.

Aporte de Nitrógeno:

$N = 163\text{kg} * 0.18 = 29$ kg de Nitrógeno.

$P = 163\text{kg} - 29\text{kg} = 134$ kg de Fosforo

Urea 46 % = 680 kg.

Tabla No.1: Resultados de Fertilización.

Nutriente	Cantidad Requerida	Cantidad aporte del suelo	Dosis a suministrar
Nitrógeno	250 Kg/Ha	45 Kg/ Ha	410 kg/ Ha
Fosforo	92 Kg/Ha	5 Kg/ Ha	249 Kg/ Ha
Potasio	360 Kg/Ha	2808 Kg/ Ha	Ninguna

Fuente: Propia.

Tabla No.1: Cantidad de Fertilizantes a utilizar.

Fuente	Cantidad (Kg/Ha)
18-46-0	540
0-0-60	0
46-0-0	640

Fuente: Propia.

ANEXO 6: IMÁGENES

Imagen 1. Recolección muestra para análisis de densidad aparente del suelo.



Fuente: Propia

Imagen 2. Recolección muestra inalterada de suelo.



Fuente: Propia

Imagen 3. Recolección muestra alterada de suelo.



Fuente: Propia

Imagen 4. Desarrollo vegetative variedad CalWhite



Fuente: Propia.

Imagen 5. Desarrollo vegetativo Variedad Monte Carlo



Fuente: Propia

Imagen No. 6. Cosecha de la papa.



Fuente: Propia.