



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**VALIDACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DEL CULTIVO DE PAPA DE LAS VARIETADES CAL WHITE, MONTE CARLO Y CARDINAL (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) EN ZONAS BAJAS Y DE CLIMA CÁLIDO; EN LA COMUNIDAD ABANGASCA SUR, EN EL MUNICIPIO DE LEÓN, DEPARTAMENTO DE LEÓN.**

**Para optar al título de Ingeniero Agrícola**

**Elaborado por**

Bra. Noelia Caliope Avilez Reyes

Br. Helio César Talavera Cruz

**Tutora**

Ing. Rosario Sotelo Contreras

Managua, Abril 2015

## DEDICATORIA

*Dedico esta monografía a:*

*Díos por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por llenarme de sabiduría e inteligencia y permitirme culminar mis estudios.*

*A mis padres Adalberto Avílez y Rosa Reyes por ser unos padres luchadores, fuertes y no rendirse ante cualquier obstáculo, por empujarme para seguir hacia adelante a pesar de las dificultades.*

*A mis hermanos Elina Cajina, Leonel Reyes (q.e.p.d.) y Magda Avílez, que han sido mis primeros amigos, maestros y compañeros de vida, y mis cómplices de rebeldía.*

*Bra. Noelia Caliope Avílez Reyes*

## DEDICATORIA

*Dedico esta monografía a:*

*Díos quien me regaló la vida, la fuerza, la entereza, la perseverancia y la disciplina en la realización de este trabajo y durante nuestros estudios.*

*A mis padres Elío Talavera y Alejandrina Cruz por su apoyo, orientación, consejo, confianza en cada momento de mi vida estudiantil tanto como personal.*

***Br. Helio César Talavera Cruz***

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a:*

*Dios nuestro creador y dador de vida por haberme guiado por el buen camino, por darme la fortaleza que necesitaba en los momentos más difíciles de mi vida, por llenarme de fe y esperanzas, y permitirme avanzar cada día más en el gran camino de la vida.*

*A mis padres por regalarme el privilegio de la vida, por educarme y hacerme una persona de bien, por apoyarme desde el principio de mis estudios y estar incondicionalmente para mí.*

*A mis hermanos Elina Cajina, Leonel Reyes (q.e.p.d.) y Magda Avílez, y mi tía Julia Ruiz por aconsejarme, apoyarme cuando los necesitaba y darme ánimos para seguir adelante.*

*A Helio Talavera Cruz por todo su apoyo para la realización de esta monografía, por formar parte muy importante de mi vida, por todos sus consejos y apoyo en los momentos más difíciles de mi vida. A mis amigos con quienes compartí gratas experiencias y forje grandes lazos.*

*A la Ing. Rosario Sotelo por su esfuerzo y dedicación, por su visión crítica, quien con sus conocimientos, su experiencia, paciencia y motivación ha logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.*

*Al Ing. Roger Ríos por habernos apoyado en la realización de este trabajo monográfico al permitirnos trabajar en su finca y por toda la ayuda brindada.*

*A todas las personas que me han apoyado y profesores que me han transmitido sus conocimientos en la preparación profesional, en especial a los Ingenieros José Úbeda, Luis Duarte y Leoncio Vanegas por brindarme su apoyo para la culminación de mi carrera.*

***Bra. Noelia Caliope Avílez Reyes***

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco al creador del universo, nuestro Dios, quien me regaló la vida, la fuerza, la entereza, la perseverancia y la disciplina en la realización de este trabajo y durante nuestros estudios.*

*A mis padres por su apoyo, orientación, consejo, confianza en cada momento de mi vida estudiantil tanto como personal.*

*A todos mis maestros que durante el periodo de aprendizaje compartieron su sabiduría y nos impulsaron a ser cada día mejor, nos brindaron una perspectiva de la vida mucho más amplia y en especial a nuestra tutora Ing. Rosario Sotelo Contreras quien fue la guía en la culminación de nuestros estudios.*

*Br. Helio César Talavera Cruz*

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la comunidad de Abangasca Sur ubicada a 6 kilómetros al oeste de la cabecera municipal de León, durante el periodo comprendido entre los meses de Diciembre del año 2013 y Abril del año 2014, el propósito de la presente investigación consistió en la evaluación de la adaptabilidad de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en zonas de clima cálido (contrario al sistema de producción tradicional) del pacífico de Nicaragua.

Para ello fue necesario realizar un levantamiento del área para determinar la ubicación del establecimiento del cultivo, se describieron las condiciones climatológicas, se implementó un sistema de riego por goteo y se realizó un manejo agronómico, además se hicieron mediciones de distintas variables, al momento del desarrollo vegetativo del cultivo y durante la cosecha, a las cuales se les realizó un análisis estadístico para determinar las variedades adaptables a estas condiciones climatológicas y finalmente se determinó la rentabilidad del cultivo de papa en dicha zona a través de un análisis costo-beneficio.

Mediante el procesamiento de datos permitió determinar que existe un alto grado de adaptabilidad de dos de las variedades en estudio, presentando ambas similares comportamientos en el periodo estudiado, siendo los resultados de rendimientos obtenidos favorables.

# ÍNDICE

<b>CAPITULO I. GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
1.4.1. OBJETIVO GENERAL: .....	5
1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO:.....	5
<b>1.5. HIPÓTESIS.....</b>	<b>6</b>
1.5.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.5.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA .....	6
1.5.3. HIPÓTESIS NULA .....	6
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. CULTIVO DE PAPA .....</b>	<b>8</b>
2.1.1. Origen de la papa.....	8
2.1.2. Importancia socioeconómica de la papa en Nicaragua .....	9
2.1.3. Taxonomía de la papa.....	10
2.1.4. Morfología de la papa.....	10
2.1.5. Fenología .....	12
2.1.6. Factores edafoclimáticos adecuados para el cultivo de la papa .....	13
2.1.7. Requerimientos nutricionales de la papa .....	15
2.1.8. Variedades de semillas de papa utilizadas .....	16
<b>2.2. SISTEMA DE SIEMBRA .....</b>	<b>18</b>
2.2.1. Épocas de siembra .....	18
2.2.2. Selección de la semilla.....	19
2.2.3. Preparación de la semilla para la siembra .....	19
2.2.4. Densidad de siembra .....	19
2.2.5. Siembra.....	20
<b>2.3. MANEJO DE MALEZAS PRESENTES EN LA PAPA .....</b>	<b>20</b>
2.3.1. Métodos culturales y físicos .....	20
2.3.2. Métodos químicos .....	21
<b>2.4. PLAGAS DE LA PAPA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5. ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM).....</b>	<b>24</b>
2.5.1. Enfermedades causadas por hongos .....	25
2.5.2. Enfermedades causadas por bacterias .....	27
2.5.3. Enfermedades causadas por Virus.....	27
<b>2.6. RIEGO POR GOTEO .....</b>	<b>28</b>
2.6.1. Características del riego por goteo.....	29
2.6.2. Ventajas del riego por goteo .....	29
2.6.3. Desventajas del riego por goteo .....	29
2.6.4. Componentes del sistema de riego por goteo .....	30
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1. METODOLOGÍA .....</b>	<b>32</b>

3.1.1.	Localización.....	32
3.1.2.	Condiciones Edafoclimáticas .....	32
3.1.3.	Muestreo de Suelo .....	33
3.1.4.	Diseño del sistema de riego.....	34
3.1.5.	Manejo agronómico del cultivo de la papa .....	35
3.2.	<b>DISEÑO EXPERIMENTAL</b> .....	39
3.2.1.	Variables de respuesta .....	39
<b>CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>42</b>
4.1.	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO .....</b>	<b>43</b>
4.2.	<b>ANÁLISIS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN .....</b>	<b>45</b>
4.3.	<b>RESULTADOS DE TEMPERATURA DEL AMBIENTE.....</b>	<b>46</b>
4.4.	<b>DISEÑO AGRONÓMICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....</b>	<b>48</b>
4.5.	<b>DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....</b>	<b>49</b>
4.6.	<b>DISEÑO GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO PARA EL ÁREA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>51</b>
4.7.	<b>COMPARACIÓN DE MEDIAS DE CADA UNA DE LAS VARIABLES DE DESARROLLO ANALIZADAS.....</b>	<b>52</b>
4.7.1.	Análisis de la variable “Porcentaje de emergencia” .....	52
4.7.2.	Análisis de la variable “Altura de la planta” en cm a los 25 DDS .....	52
4.7.3.	Análisis de la variable “Altura de la planta” en cm a los 55 DDS .....	53
4.7.4.	Análisis de la variable “Número de tallo” a los 25 DDS .....	53
4.7.5.	Análisis de la variable “Número de tallo” a los 55 DDS .....	54
4.7.6.	Análisis de la variable “Número de hojas” a los 25 DDS.....	54
4.7.7.	Análisis de la variable “Número de hojas” a los 55 DDS.....	55
4.7.8.	Análisis de la variable “Diámetro del tallo” en cm a los 25 DDS.....	55
4.7.9.	Análisis de la variable “Diámetro del tallo” en cm a los 55 DDS.....	56
4.7.10.	Análisis de la variable “Diámetro de hojas” en cm a los 25 DDS .....	56
4.7.11.	Análisis de la variable “Diámetro de hojas” en cm a los 55 DDS .....	57
4.7.12.	Análisis de la variable “Longitud de hojas” en cm a los 25 DDS .....	57
4.7.13.	Análisis de la variable “Longitud de hojas” en cm a los 55 DDS .....	58
4.8.	<b>COMPARACIÓN DE MEDIAS DE CADA UNA DE LAS VARIABLES DE COSECHA ANALIZADAS.....</b>	<b>58</b>
4.8.1.	Análisis de la variable “Número de tubérculos” .....	58
4.8.2.	Análisis de la variable “Peso de tubérculos” en gramos.....	59
4.8.3.	Análisis de la variable “Rendimiento” en qq/ha .....	59
4.9.	<b>PROMEDIO GLOBAL DE COMPARACIÓN DE MEDIAS .....</b>	<b>60</b>
4.10.	<b>ANÁLISIS A TRAVÉS DE GRÁFICOS DE DISPERSIÓN DE RELACIÓN ENTRE VARIABLES .....</b>	<b>61</b>
4.10.1.	Análisis de las variable “Número de brotes vs Porcentaje de emergencia” .....	61
4.10.2.	Análisis de las variable “Número de hojas vs Peso de tubérculo” .....	62
4.10.3.	Análisis de las variables “Número de tallos vs Número de tubérculos” .....	63
4.10.4.	Análisis de las variable “Peso de tubérculos vs Rendimiento ”. ....	64
4.11.	<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PAPA.....</b>	<b>65</b>
4.11.1.	Costos del sistema de riego para una hectárea.....	65
4.11.2.	Costos de producción para una hectárea del cultivo de papa.....	67
4.11.3.	Ingresos por una hectárea del cultivo de papa.....	69
4.11.4.	Utilidades por hectárea del cultivo de papa.....	69
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>70</b>



5.1. CONCLUSIONES .....	71
5.2. RECOMENDACIONES .....	72
BIBLIOGRAFÍA .....	73
ANEXOS .....	75
ANEXOS I. FIGURAS.....	75
Figura. 1. Diseño geométrico del sistema de riego para una hectárea.....	75
Figura. 2. Cultivo de la papa .....	76
Figura 3. Morfología del cultivo de papa .....	76
Figura 4. Etapas fenológicas del cultivo de papa .....	76
Figura 5. Requerimientos nutricionales de la papa .....	77
Figura 6.Variedad Cardinal.....	77
Figura 7. Variedad Cal White.....	78
Figura 8.Variedad Monte Carlo .....	78
Figura 9. Siembra de semilla de Papa.....	79
Figura 10.Pulgones de la Papa.....	79
Figura 11. Polilla de la papa ( <i>P. operculella</i> ).....	79
Figura 12. Mosca Blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) .....	79
Figura 13.Langostino de la papa ( <i>E. curveola</i> ) .....	80
Figura 14.Gusanos cortadores ( <i>A. bilitura</i> ).....	80
Figura 15.Gusanos alambre ( <i>Aeolus sp.</i> ) .....	80
Figura 16.Gallina ciega ( <i>Phyllophaga sp.</i> ).....	80
Figura 17.Enfermedades causadas por hongos. Tizón Tardío, Tizón Temprano, Rhizoctonia, Roña polvosa y Pudrición seca de los tubérculos. Respectivamente .....	81
Figura 18.Enfermedades causadas por bacterias. Marchitez bacterial y Pie Negro. Respectivamente .....	81
Figura 19. Vista general del Sistema de Riego por Goteo .....	82
ANEXOS II. TABLAS .....	83
Anexo Tabla 1.Evaluación de capacidad de campo .....	83
Anexo Tabla 2.Evaluacion de Punto de marchitez permanente.....	83
Anexo Tabla 3.Evaluacion de Densidad aparente del suelo.....	83
Anexo Tabla 4.Evaluación de densidad real del suelo .....	83
Anexo Tabla 5.Evaluacion de la Densidad real y su relación con la composición del suelo. ....	84
Anexo Tabla 6.Evaluación de la porosidad del suelo. ....	84
Anexo Tabla 7.Interpretacion de Acidez intercambiable .....	84
Anexo Tabla 8.Triángulo textural (USDA).....	85
Anexo Tabla 9.Evaluación del pH del suelo. ....	85
Anexo Tabla 10.Evaluación de Conductividad eléctrica .....	86
Anexo Tabla 11.Rango de valores de materia orgánica del suelo. ....	86
Anexo Tabla 12.Coefficientes ( <i>Kc</i> ) .....	87
Anexo Tabla 13. Densidad del agua en función de la Temperatura. ....	87
Anexo Tabla 14. Valores de <i>f<sub>e</sub></i> para diámetros internos más frecuentemente utilizados .....	88

Anexo Tabla 15. Coeficiente de Christiansen .....	88
<b>ANEXOS III. ANÁLISIS DE LABORATORIO .....</b>	<b>89</b>
1. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO .....	89
2.RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO .....	93
<b>ANEXOS IV. DISEÑOS DE RIEGO .....</b>	<b>96</b>
1. DISEÑO AGRONÓMICO .....	96
2.DISEÑO HIDRÁULICO.....	98
<b>ANEXOS V. IMÁGENES .....</b>	<b>104</b>
Muestreo del suelo .....	104
Instalación del sistema de riego .....	104
Siembra .....	105
Fertilización y aporque .....	105
Toma de datos de variables de desarrollo.....	106
Toma de datos de Temperatura.....	106
Cosecha .....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Taxonomía del cultivo de papa.....	10
Tabla 2.Requerimientos nutricionales del cultivo de papa .....	16
Tabla 3. Ficha técnica de variedad de papa cardinal .....	17
Tabla 4.Ficha técnica de variedad de papa Cal White.....	17
Tabla 5.Ficha técnica de variedad de papa Monte Carlo .....	18
Tabla 6.Datos Meteorológicos de León .....	33
Tabla 7. Propiedades Hidrofísicas del suelo .....	34
Tabla 8. Resultados de análisis fisicoquímicos del suelo del área experimental .....	43
Tabla 9.Resultado de evapotranspiración de referencia .....	45
Tabla 10. Resultados de Temperatura nocturna mínima a los 29, 30 y 55 DDS.....	46
Tabla 11.Temperaturas nocturnas promedios y pesos de tubérculos promedios .....	46
Tabla 12.Resultado del diseño agronómico del sistema de riego por goteo .....	48
Tabla 13.Resultado del Diseño hidráulico del sistema de riego por goteo.....	49

Tabla 14.Resultado de promedio global de comparación de medias de las variables analizadas .....	60
Tabla 15.Costos del sistema de riego para una hectárea .....	65
Tabla 16.Costos de producción de papa en zonas de clima cálido .....	67
Tabla 17.Ingreso de la variedad Cal White para una hectárea sembrada .....	69
Tabla 18.Utilidades por Hectárea del cultivo de la papa .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.Corte en "V" del suelo .....	33
Figura. 2.Extracción de la muestra del suelo .....	34
Figura. 3. Selección de semillas. ....	36
Figura. 4.Siembra .....	36
Figura. 5.Control de malezas manual .....	37
Figura. 6.Control de plagas .....	38
Figura. 7.Fertilización y aporque. ....	38
Figura. 8.Volteo del suelo y cosecha del cultivo. ....	39
Figura. 9.Diseño geométrico del sistema de riego por goteo para el área experimental. ....	51

# **CAPITULO I. GENERALIDADES**

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la comunidad de Abangasca Sur ubicada a 6 kilómetros al oeste de la cabecera municipal de León, con el propósito de evaluar la adaptabilidad de tres variedades del cultivo de papa (Cal White, Monte Carlo o Cardinal) en zonas cálidas y de poca altura del pacífico de Nicaragua, y determinar las variedades de papa que muestren un alto grado de adaptación a las condiciones de dicha zona; con el apoyo de Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y La Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (Funica).

Esto se realizó con el objetivo de lograr una expansión del cultivo en el país. Tomando en cuenta la precocidad, tolerancia a plagas y preferencia en el mercado, así mismo el costo de la semilla.

La metodología empleada consistió en seleccionar las variedades que se adapten en zonas de poca altura mediante el establecimiento de una parcela demostrativa, el diseño experimental en campo (variedades a ser utilizadas, determinación de las variables de respuestas), la preparación del área de validación (Preparación del suelo, Instalación del sistema de riego, Siembra, Manejo agronómico, Cosecha); el análisis estadístico y finalmente el costo-beneficio para determinar la rentabilidad del cultivo en dicha zona.

## 1.2. ANTECEDENTES

Uno de los países productores del cultivo de papa, es Cuba, las áreas agrícolas productoras de este cultivo se encuentran entre 80 – 150 msnm, se realiza bajo los rigores de un clima subtropical y a nivel del mar, no obstante, alcanza notables rendimientos como resultado de la atención y prioridad que se le da a los sistemas de irrigación y al mejoramiento de la fertilidad del suelo (MINAG, 2010).

Nicaragua posee grandes ventajas geográficas, es uno de los países más grandes de Centroamérica, tiene fácil acceso a los mercados regionales e internacionales y su base para el desarrollo económico es la agricultura. Gracias a sus condiciones agro-climáticas los cultivos de tubérculos como la papa son muy rentables, lo que ha provocado la búsqueda de tecnologías y zonas con mejor adaptación que mejoren la calidad del cultivo. Históricamente, las zonas tradicionalmente productoras del cultivo de papa en Nicaragua son Jinotega, Matagalpa y Estelí, existiendo aproximadamente 60 variedades acriolladas para uso local, obteniendo rendimientos de 8 a 10 ton/ ha en pequeños productores y de a 15 a 20 ton por cada hectárea sembrada en grandes productores. (FUNICA, 2007)

Desde el año 2013 la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) a través del Parque Tecnológico, la Carrera de Ingeniería Agrícola y la Fundación para el Desarrollo Tecnológico, Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA); realizaron estudios de Adaptabilidad del cultivo de papa tomando en cuenta las condiciones climáticas cálidas de la zona de poca altitud en el Centro Experimental Agrícola-UNI (CEA-UNI) ubicado en el municipio de Tisma, departamento de Masaya. Los resultados preliminares obtenidos han demostrado rendimientos entre 20 y 29 toneladas de papa por hectárea para la variedad Cal White, la cual se retomó para nuestro estudio junto a las variedades , Monte Carlo y Cardinal.

Actualmente se continua ensayando la adaptabilidad del cultivo en los diferentes departamentos de la Zona del Pacifico de Nicaragua.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La papa es un tubérculo de consumo tradicional, a nivel nacional enfrenta serios problemas que inciden de manera directa sobre la productividad. Uno de los mayores problemas es la falta de semilla de calidad, tanto genética como sanitaria, la papa presenta varias enfermedades, que incluyen infecciones por hongos, bacterias y virus, que provocan la pérdida del tubérculo y la planta, y son controladas mediante el uso de químicos. Además se fijan en el suelo, y el cultivo se vuelve a contagiar, lo que genera una dependencia a la importación de semillas y por ende el aumento de los costos de producción.

El país depende de las importaciones que oscilan en un 40% (FAO, 2012) proveniente principalmente del área Centro Americana, para satisfacer el déficit que cada año se manifiesta, de acuerdo con la FAO en Nicaragua, en el 2008 el país importaba unas 9,000 toneladas anuales de papa, lo cual equivalía al 33% del consumo nacional. Sin embargo, en el año 2011, las importaciones se redujeron a 1,600 toneladas. Siendo un rubro que ha cobrado interés en la economía productiva nicaragüense, debido a la demanda y lo atractivo desde el punto de vista económico, los productores se ven estimulados, en un futuro, a incrementar el número de áreas y rendimientos, reduciendo la dependencia del exterior.

El presente estudio de investigación consistió en realizar el establecimiento del cultivo para identificar las variedades de papa adaptables a zonas de poca altura y clima cálido (contrario al sistema de producción tradicional) con el fin de crear nuevas zonas de producción potenciales del cultivo de papa y en el futuro contribuir a satisfacer la demanda del país y procurar líneas de exportación en el continente.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL:**

- Evaluar la adaptabilidad de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en zonas de clima cálido (contrario al sistema de producción tradicional) en la comunidad Abangasca Sur en el municipio de León, departamento de León.

### **1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO:**

- Describir las condiciones edafoclimáticas del área de estudio.
- Realizar el diseño agronómico, hidráulico y geométrico del sistema de riego por goteo que abastecerá las necesidades hídricas del cultivo de papa.
- Realizar el manejo agronómico del cultivo a emplear en el área de estudio.
- Determinar las variedad/es adaptables a las condiciones edafoclimáticas de la zona, por medio del análisis estadístico.
- Realizar el análisis del costo-beneficio para determinar la rentabilidad del cultivo de papa en dicha zona.



## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

Las tres variedades de papa en estudio se adaptan y dan buenos rendimientos productivos en zonas de clima cálido y de poca altitud.

### **1.5.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA**

Al menos una de las tres variedades de papa evaluadas se adapta y da buenos rendimientos en zonas bajas y de clima cálido del país.

### **1.5.3. HIPÓTESIS NULA**

Ninguna de las tres variedades evaluadas se adapta a las condiciones de la zona de clima cálido y de poca altitud.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

## 2.1. CULTIVO DE PAPA

### 2.1.1. Origen de la papa

El cultivo de la papa comienza hace unos 8000 años al lado del lago Titicaca, que está a 3800 metros sobre el nivel del mar, existen conflictos de cuál es su origen, algunos autores expresan dos centros de origen: uno en Chile donde la papa es silvestre (*Solanum tuberosum*) y el segundo en Ecuador, Perú y Bolivia donde está representada la papa cultivada andina (*Solanum andigenum*).

Para algunos investigadores, el cultivo de la papa llega a Nicaragua, en el año 1935 durante la invasión americana. Se estima que las tropas invasoras eran abastecidas con el producto para fines alimentarios, sin embargo, esto permitió que lugareños experimentaron la siembra del tubérculo en los departamentos de Jinotega y Matagalpa para posteriormente, décadas más tarde, grupos de productores se entusiasmaron a importar semilla desde Guatemala, México, Holanda y Canadá. Hasta los años 70's, la papa era producida por unos pocos productores pero debido a sus altos precios era considerado un producto de lujo. (Estudio Hortofrutícola Nicaragüense, PFID, F&V)

La papa, es una planta suculenta, herbácea y anual. (Ver ANEXOS I.FIGURAS. Fig.2.) Posee un tallo aéreo; que puede ser ramificado hueco y triangular en su sección transversal. Se considera principal, él que crece directamente del tubérculo y a las ramas laterales de éste, se les denomina tallos secundarios. Las hojas son alternas al igual que los estolones; consisten en un pecíolo con folíolo terminal; folíolos laterales secundarios y a veces terciarios. (INTA, 2004)

Pueden cultivarse con éxito en una diversidad de tipos de suelo, pero prosperan mejor en migajones arenosos, limosos, turbas y suelos orgánicos. El suelo debe ser suelto, fiabile, profundo, bien drenado y bien provisto de materia orgánica.

El cultivo de papa pertenece a la familia Solanácea, las especies cultivadas son las *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, existiendo variedades que son mezclas de ambas especies.

### **2.1.2. Importancia socioeconómica de la papa en Nicaragua**

Es un cultivo de gran importancia nutricional; contienen muchos carbohidratos, un 2.1% del peso del producto en fresco es proteína, tienen un gran contenido de vitamina C y complejo B, proporcionan una dieta balanceada, además, son utilizados en la industria para la producción de almidón, comidas rápidas (papas a la francesa), chips (hojuelas) y puré.

Existe un déficit o demanda insatisfecha entre el 30 y el 35% anual en cuanto a la producción para consumo a nivel nacional. El país depende de las importaciones que oscilan en un 40% proveniente (FAO 2012) principalmente del área Centro Americana para satisfacer el déficit que cada año se manifiesta, esto debido a que la producción de papas frescas en Nicaragua es deficitaria en comparación a la demanda global. En Nicaragua, se obtienen rendimientos que van de las 15 a las 20 toneladas por hectárea, en fincas grandes conformadas por 46 productores que siembran 400 hectáreas lo que representa el 43.54% de toda el área de siembra, lo cual no ocurre con los micro y pequeños, siendo el universo de este tipo de productor de unos 239 personas que juntas logran sembrar 148 hectáreas del cultivo de papa cuyos rendimientos pueden alcanzar entre 8 y 10 toneladas por hectárea. (FUNICA, 2007)

Nicaragua es el país en Centro América con mayor cantidad de tierras aptas para la agricultura en diferentes rubros. Sin embargo, la producción de papas registra los menores rendimientos por área, debido a la baja calidad de la semilla, inadecuados métodos y técnicas de cultivo, de control de plagas y enfermedades y manejo post cosecha.

Dado a la demanda y lo atractivo desde el punto de vista económico del rubro como negocio por su aceptable rentabilidad y una tendencia a incrementar el consumo per cápita por su valor nutritivo e importancia en la seguridad alimentaria nacional, los productores locales se ven estimulados en el futuro a incrementar el número de áreas y rendimientos por unidad producida, reduciendo la dependencia del exterior. Sobre las características de la papa nacional, resaltan la resistencia a la manipulación, el rendimiento y la conservación del producto. Entre los defectos se encuentran lo sucio, y pequeño del producto. La opinión sobre las características de la papa importada, está enfocada a la limpieza, buen tamaño y selección del producto.

### 2.1.3. Taxonomía de la papa

La papa continúa siendo objeto de intensa colección e investigación taxonómica, con el fin de determinar un número real de especies (Spooner y Salas, 2006). Existe controversia sobre la taxonomía de las papas cultivadas, debido a que diferentes autores han reconocido desde una hasta 20 especies (Huamán y Spooner, 2002). De acuerdo con Hijmans et al. (2002), la clasificación moderna tiene sus raíces en el sistema de Linnaeus (1753), quien describió la papa cultivada común como la especie *S. tuberosum* L. Actualmente, la papa cultivada es conocida colectivamente bajo el nombre de *S. tuberosum* L. (Spooner y Salas, 2006; Andre et al., 2007), La clasificación de la papa se resume en:

Tabla 1. Taxonomía del cultivo de papa

Taxonomía	
<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	<i>Magoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Subclase</b>	<i>Asteridae</i>
<b>Orden</b>	<i>Solanales</i>
<b>Familia</b>	<i>Solanáceas</i>
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie</b>	<i>S. tuberosum</i>

### 2.1.4. Morfología de la papa

#### a) Raíces

Las raíces son fibrosas, muy ramificadas, finas y largas. Las raíces tienen un débil poder de penetración y sólo adquieren un buen desarrollo en un suelo mullido.

#### b) Tallos

Son aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguido y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo. Los tallos se originan en la yerma del tubérculo, siendo su altura variable entre 0.5 y 1 metro. Son de color verde pardo debido a los pigmentos antociámicos asociados a la clorofila, estando presentes en todo el tallo.

### **c) Rizomas**

Son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias. Los rizomas producen unos hinchamientos denominados tubérculos, siendo éstos ovales o redondeados.

### **d) Tubérculos**

Son los órganos comestibles de la patata. Están formados por tejido parenquimatoso, donde se acumulan las reservas de almidón. En las axilas del tubérculo se sitúan las yemas de crecimiento llamadas “ojos”, dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo.

### **e) Hojas**

Son compuestas, imparipinnadas y con folíolos primarios, secundarios e intercalares. La nerviación de las hojas es reticulada, con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo. Las hojas están compuestas por pequeños pelos de diversos tipos los cuales también se encuentran presentes en las demás partes de la planta

### **f) Inflorescencia**

Es cimosa y están situadas en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral. Es una planta autógama, siendo su androsterilidad muy frecuente, a causa del aborto de los estambres o del polen según las condiciones climáticas. Las flores tienen la corola rotácea gamopétala de color blanco, rosado, violeta, etc.

### **g) Frutos**

En forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm de diámetro, que se tornan amarillos al madurar. (Ver ANEXOS FIGURAS. Fig.3.)

## **2.1.5. Fenología**

### **a) Brotación y emergencia**

Este período de dormancia tiene una duración variable (7-12 semanas aprox.) y depende fundamentalmente de la variedad y de las condiciones de temperatura, humedad y luz a las que se almacenan los tubérculos. La relación entre inhibidores y promotores del crecimiento va variando gradualmente. El tubérculo pasa del estado de dormancia a un estado que llamamos de brotación apical, en el cuál la yema apical del tubérculo comienza a brotar mientras que las otras aún están inhibidas. Si en este estado los tubérculos son plantados y puestos en condiciones de buena disponibilidad de agua y 17-20 °C de temperatura de suelo, la yema apical crecerá y se desarrollará rápidamente, produciéndose por cada tubérculo semilla un solo tallo, que luego se ramificará intensamente. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.4.)

### **b) Crecimiento del follaje**

En las primeras etapas del desarrollo, el crecimiento de la planta es sostenido por las reservas acumuladas en el tubérculo. La gran cantidad de reservas que este contiene permite que en condiciones óptimas de temperatura (de 20 a 23 °C) la expansión del área foliar sea muy rápida. Al irse consumiendo las reservas y aumentando el área foliar fotosintéticamente activa, esta pasa a ser la fuente principal de asimilados. El cultivo de papa en condiciones óptimas de crecimiento puede llegar a cubrir totalmente el suelo en 40-45 días después de la emergencia.

El crecimiento del follaje es resultado de dos procesos combinados: ramificación y aparición de hojas y expansión o crecimiento de las hojas. En la planta de papa al igual que la de tomate, la yema apical del tallo luego de la producción de un número de hojas variable se diferencia en una yema floral. Entonces normalmente las yemas ubicadas en las axilas de la segunda y tercera hoja por debajo de la inflorescencia brotan dando ramas laterales. Estas ramas terminarán también en una inflorescencia pudiendo dar lugar a nuevas ramificaciones. La cantidad de ramificaciones y por lo tanto el número de hojas que se produzcan depende de la duración del período de aparición de hojas y de la tasa de aparición de hojas.

### **c) Tuberización**

Cuando los tallos principales de la planta (los que se originan del tubérculo madre) tienen un desarrollo suficiente, es decir cuando la yema apical se diferencia en floral y por lo tanto disminuye la dominancia apical, las yemas subterráneas del tallo que están más cerca del tubérculo madre brotan originando los estolones. Estos tallos subterráneos crecen en longitud hasta que reciben estímulos para iniciar la tuberización. Al iniciar la tuberización cesa el crecimiento en longitud y se ensancha la región sub-apical del estolón. En este estado, por la considerable expansión radial del tubérculo, el gancho se endereza y la yema apical del estolón queda situada en la posición terminal del tubérculo joven. Esta forma de crecimiento tiene un componente genético que hace que las distintas variedades tengan distinta forma de tubérculos.

### **d) Senescencia**

Cuando el crecimiento del follaje comienza a ser más lento y la tasa de senescencia de las hojas se incrementa, el follaje alcanza su máximo tamaño y comienza a declinar. En este momento estamos en la fase de máximo crecimiento de los tubérculos. Si la estación de crecimiento es lo suficientemente larga, el follaje muere totalmente en forma natural, y sus azúcares y nutrientes minerales son removilizados y transportados hacia los tubérculos. El crecimiento de los tubérculos continúa hasta que el follaje está casi totalmente muerto (Serries). Al final del ciclo entre el 75 y 85 % del total de la materia seca producida por el cultivo se encuentra en los tubérculos.

## **2.1.6. Factores edafoclimáticos adecuados para el cultivo de la papa**

### **a) Temperatura**

La papa requiere de temperaturas mínimas nocturna de 18 °C como máximo, sin importar mucho la temperatura diurna, aunque se prefiere climas con temperaturas diurnas bajas, menores de 30 °C ya que esta temperatura es muy caliente. Conforme la temperatura nocturna mínima es más alta la producción disminuye; en cambio, entre 12 °C y 18 °C la producción es mejor tanto de follaje y tallos como de tubérculos. Al iniciar la tuberización es deseable que las temperaturas nocturnas se encuentren en un rango de 10-15 °C y las diurnas estén alrededor de 20 °C.



## **b) Humedad**

La humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del cultivo. La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la aparición de las flores hasta a la maduración del tubérculo resulta nociva. Una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de mildiu, por tanto esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta.

## **c) Suelo**

Es una planta poco exigente a las condiciones edáficas, sólo le afectan los terrenos compactados y pedregosos, ya que los órganos subterráneos no pueden desarrollarse libremente al encontrar un obstáculo mecánico en el suelo.

La humedad del suelo debe ser suficiente; aunque resiste la aridez, en los terrenos secos las ramificaciones del rizoma se alargan demasiado, el número de tubérculos aumenta, pero su tamaño se reduce considerablemente.

Los terrenos con excesiva humedad, afectan a los tubérculos ya que se hacen demasiado acuosos, poco ricos en fécula y poco sabrosos y conservables. Prefiere los suelos ligeros o semi-ligeros, silíceo-arcillosos, ricos en humus y con un subsuelo profundo. Soporta el pH ácido entre 5.5-6, ésta circunstancia se suele dar más en los terrenos arenosos. Es considerada como una planta tolerante a la salinidad.

## **d) Luz**

La luz tiene una incidencia directa sobre el fotoperiodo, ya que induce la tuberización. Los fotoperiodos cortos son más favorables a la tuberización y los largos inducen el crecimiento. Además de influir sobre el rendimiento final de la cosecha. En las zonas de clima cálido se emplean cultivares con fotoperiodos críticos, comprendidos entre 13 y 16 horas. La intensidad luminosa además de influir sobre la actividad fotosintética, favorece la floración y fructificación.

### 2.1.7. Requerimientos nutricionales de la papa

El cultivo de la papa requiere grandes cantidades de fertilizantes, en parte debido a su limitado y poco profundo sistema radicular, y en parte debido a su necesidad de llenado en un periodo corto de tiempo. (Ver ANEXOS FIGURAS. Fig.5.)

Durante la fase crítica de llenado, cuando el rendimiento del tubérculo aumenta de 1,160-1600 kg/ha/día, el requerimiento nutricional diario del cultivo por hectárea puede alcanzar los 4.5 kg de nitrógeno, 3 kg de fósforo, 6 kg de potasio, 1.3 kg de calcio, 0.6 kg de magnesio y 0.34 kg de azufre.

Por otra parte debe de tenerse en cuenta que cada tonelada de papa absorbe del suelo 5 kg de nitrógeno, 0.8 kg de fósforo y 7.6 kg de potasio. Cuando la meta es mejorar el rendimiento y calidad de la papa, debe darse importancia no solo la cantidad, si no al tipo de nutrientes seleccionados, así como a la programación de su aplicación. (Tabla 2.)

#### **Nitrógeno**

Este elemento esencial primario forma parte de las estructuras proteicas en la planta y se considera un elemento estructural que estimula el crecimiento, especialmente de tallos y hojas.

#### **Fósforo**

Es un elemento primario esencial que es determinante para el crecimiento inicial de los tejidos vegetales, especialmente de las raíces. Es adsorbido desde la solución en el suelo como  $H_2PO_4$  según el pH del suelo, especialmente por difusión y contacto directo. Se requiere en cantidades menores al nitrógeno.

#### **Potasio**

Este elemento se considera de gran importancia en la nutrición de las plantas, especialmente en su aspecto sanitario. El potasio es un elemento responsable de más de 48 funciones distintas en las plantas, desde regulador del cierre estomático de las hojas en las células oclusivas, hasta principal activador de la síntesis de carbohidratos, esta última función es muy importante en los cultivos de papa debido al gran contenido de carbohidratos que debe formar la planta y almacenar en los tubérculos. (Sierra, Santos R., & Kalazich B., 2002).

**Tabla 2.Requerimientos nutricionales del cultivo de papa**

<b>Elemento</b>	<b>Kg/Ha</b>	<b>Lbs/Ha</b>	<b>Lbs/Mz</b>
N	468	1030	720
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	372	818	573
K <sub>2</sub> O	880	1,936	1,355
Ca	367	807	565
Mg	132	290	203
B	1.8	4	2.8

Fuente: Manual de producción, producción de papa. MCA-Honduras / EDA. Septiembre 2008.

### **2.1.8. Variedades de semillas de papa utilizadas**

Las variedades de papa a utilizarse, serán aquellas que demuestran un alto grado de adaptación a condiciones climáticas de las zonas bajas de occidente y pacífico de Nicaragua, se debe tomar en cuenta su precocidad, tolerancia factores bióticos y abióticos y preferencia en el mercado, así mismo el costo de la semilla.

#### **a) Variedad Cardinal**

La variedad Cardinal, tiene piel roja, consistencia lisa a áspera, y ojos bastante superficiales. Produce tubérculos ovales, a veces algo puntiagudo, con pulpa amarillo claro. No genera abundantes tallos, pero sí muy vigorosos. Posee hojas muy grandes. (Tabla 3.) Su rendimiento es elevado, con alto contenido de materia seca. De periodo vegetativo semitardío (120 a 140 días), su fase de latencia es 3 a 4 meses. Preferida para consumo fresco, con buena calidad culinaria. Proclive a presentar mancha ferruginosa después de almacenajes prolongados (60 días). Bastante sensible a tizón temprano (*Alternaria solani*), Rizoctonia (*Rhizoctonia solani*) y sarna polvorienta (*Spongospora subterránea*). Presenta mediana resistencia a PLRV y a sarna común (*Streptomyces scabies*). Resistente al patotipo A del nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*). (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.6.)

Tabla 3. Ficha técnica de variedad de papa cardinal

Variedad		Cardinal
<b>Madurez</b>		Semitardía
<b>Color Flor</b>		Violeta Azulado
<b>Color Piel</b>		Roja
<b>Color Pulpa</b>		Blanca amarillenta
<b>Forma tubérculo</b>		Oval alargada
<b>Reacción a enfermedades</b>	TTaF	MR
	PLRV	MR
	PVX	MR
	PVY	MR
	ND	R
<b>Latencia</b>		Corta
<b>Aptitud</b>		De mesa

Fuente: TPC (The Potato Company)

#### b) Variedad Cal White

La variedad Cal White, tiene piel blanca o amarillo claro, consistencia lisa y ojos superficiales. Produce tubérculos largos y ovalados, con pulpa blanca (Tabla 4.). Es una planta grande y erecta que genera abundantes tallos y posee hojas grandes. Su rendimiento es elevado, con alto contenido de materia seca. De periodo vegetativo precoz (75 a 100 días), su fase de latencia es corta. Preferida para consumo fresco, con buena calidad culinaria. Bastante sensible a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), PLRV y PVY. Presenta resistencia a sarna común (*Streptomyces scabies*). (Ver ANEXOS I.FIGURAS. Fig.7.)

Tabla 4.Ficha técnica de variedad de papa Cal White

Cal White	
<b>Maduración</b>	Temprana a media estación
<b>Forma del tubérculo</b>	Ovalado largo
<b>Color de la piel</b>	Blanca a crema claro
<b>Color de la pulpa</b>	Blanca
<b>Flores</b>	Blancas
<b>Resistencias</b>	Sarna común
<b>Susceptibilidades</b>	PLRV, PVY, tizón tardío
<b>Almacenamiento</b>	Dormancia corta
<b>Calidad de consumo</b>	Se cuece bien, no se decolora
<b>Principales mercados</b>	Consumo fresco y procesamiento

Fuente: TPC (The Potato Company)

### c) Variedad Monte Carlo

La variedad Monte Carlo, tiene piel roja claro, consistencia lisa a áspera, y ojos muy superficiales. Produce tubérculos ovales, con pulpa blanca (Tabla 5.). No genera abundantes tallos, pero sí muy vigorosos. Posee hojas medianas. Su rendimiento es elevado, con buen contenido de materia seca. De periodo vegetativo semi-precoz (100 a 120 días). Preferida para consumo fresco y papas fritas. Presenta mediana resistencia a virus Yn, mildiu de follaje y tubérculo. Resistente sarna verrugosa y sarna común, virus A, X, virus de enrollado, nematodos Ro y Pa. (Ver ANEXOS I.FIGURAS. Fig.8.)

Tabla 5.Ficha técnica de variedad de papa Monte Carlo

Monte Carlo Mul 91 - 13 x Bru 93 - 136	
<b>Ciclo</b>	= Semi - precoz
<b>Desarrollo del follaje</b>	= Bueno - normal
<b>Color de la piel</b>	= Roja claro
<b>Color de la carne</b>	= Blanco
<b>Forma del tubérculo</b>	= Oval
<b>Apta para</b>	= Consumo fresco, Patatas fritas
<b>Resistente</b>	virus A, X, virus de enrollado, Sarna verrugosa (fysio 1) y sarna comun
<b>Mediana resistencia</b>	virus Yn, mildiu del follaje y tubérculo
<b>Resistencia para azuleado</b>	= Insensible

Fuente: TPC (The Potato Company)

## 2.2. SISTEMA DE SIEMBRA

La forma más común de reproducción de la papa es por medio del tubérculo, ya sea entero o un trozo de este. Este tubérculo “semilla” tiene la capacidad de producir brotes que se desarrollan en plantas que son réplicas exactas de la variedad original que producía el tubérculo. También dentro de la reproducción asexual de la papa está la reproducción por medio de plantas cultivadas in vitro, así como por esquejes. En otros países existe este tipo de producción comercial.

### 2.2.1. Épocas de siembra

La siembra de papa se realiza durante tres épocas del año; la primera durante los meses de mayo-junio, la segunda durante los meses de agosto-septiembre y

finalmente, la tercera durante los meses de noviembre – enero. Estas épocas de siembra, se les denomina de primera, postrera y apante.

### **2.2.2. Selección de la semilla**

La selección de la semilla es un factor clave para obtener buenos rendimientos en el cultivo. La semilla debe ser de una variedad bien aceptada en el mercado. Lo más importante es que la semilla esté libre de plagas y enfermedades, ya que muchas de las peores enfermedades son transmitidas por semillas.

Cuando se compra semilla en el mercado local no se sabe si la semilla está infectada por enfermedades. Lo mejor es comprar semilla certificada para el primer ciclo. De esta manera el agricultor puede asegurar la pureza, origen, uniformidad, sanidad, brotamiento y edad de la semilla, además de un cultivo libre de enfermedades para uno o dos ciclos. Luego el agricultor puede volver a comprar la semilla certificada para cultivar otros dos a tres ciclos

Se puede continuar utilizando la semilla certificada mientras se mantenga sana de una generación a otra, ya que al ser la reproducción asexual, un tubérculo dará una planta igual a este y su degeneración depende de la contaminación por hongos, virus, bacterias y plagas, que se tenga durante el ciclo de vida.

### **2.2.3. Preparación de la semilla para la siembra**

Es importante romper la latencia de la semilla para iniciar el crecimiento de brotes, ya que una semilla sin brotes se puede pudrir antes de nacer o puede germinar en una forma des-uniforme, produciendo rendimientos bajos. Para romper la latencia, las semillas deben estar expuestas a luz indirecta por algunos días a temperatura ambiente. Esta práctica se conoce como almacenamiento bajo luz difusa.

### **2.2.4. Densidad de siembra**

La producción de papa es determinada por la cantidad de tallos por metro cuadrado. Donde hay una mayor cantidad de tallos, hay menor tamaño de tubérculos pero mayor rendimiento por área. Una baja cantidad de tallos resulta en mayor tamaño de tubérculos pero menor rendimiento por área. Como regla general el distanciamiento óptimo es de 0.9 a 1.0 metros entre hileras y de 25 a 20 centímetros entre plantas. Esto arroja una densidad entre 44,444 y 50,000 plantas/Ha. Para una hectárea puede ser usarse una cantidad entre 2,500 y 2,900 kilogramos de semilla.

### **2.2.5. Siembra**

La siembra se hace en el lomo de la cama por una razón lógica, si la papa se encuentra en suelo suelto, tiene mayor facilidad de desarrollar sus raíces y por ende sus frutos. El momento de la siembra es adecuado para la aplicación de ciertos productos como insecticidas al suelo, fertilización de fondo (si no se usa fertirriego) y fungicidas. Otro aspecto a tomar en cuenta durante la siembra es la profundidad a la cual se debe poner el tubérculo semilla. Generalmente la profundidad es 2 veces el diámetro de la semilla y varía entre 10 y 15 centímetros. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.9.)

## **2.3. MANEJO DE MALEZAS PRESENTES EN LA PAPA**

### **2.3.1. Métodos culturales y físicos**

#### **a) Preparación del terreno**

La arada, los pases de rastra y la creación de la cama del cultivo antes de plantar destruyen las malezas existentes y dejan el campo limpio. Sin embargo, estas labores se tienen que realizar juiciosamente, ya que el cultivo de la papa es sensible a las condiciones físicas del suelo. No se debe laborar en suelos húmedos, ya que los aperos agrícolas y el pase del tractor alterarán la estructura del suelo.

#### **b) Rotaciones**

Las rotaciones también pueden contribuir al manejo exitoso de las malezas, aun cuando la papa, por sí misma, se considera un cultivo competitivo con las malezas en la rotación. Las rotaciones también tienen otros beneficios que ayudan a mantener la textura y fertilidad deseadas del suelo y a reducir las pérdidas causadas por enfermedades y plagas. Maíz, frijoles y cereales son cultivos comunes de rotación en muchas partes del mundo.

#### **c) Labores de cultivo**

Una total dependencia del desyerbe manual solo es factible donde existe abundante mano de obra y a bajo costo. La escarda manual y la labranza mecanizada se pueden usar fácilmente en el cultivo de la papa, ya que su amplia distancia entre surcos permite el acceso.

Las labranzas se pueden realizar, bien mediante tracción animal o mediante aperos acoplados a tractor. Este último tiene la ventaja de ser más rápido y de permitir una mayor flexibilidad de surcos. Se puede pasar la rastra varias veces al campo completo antes de la emergencia de la planta y se puede cultivar el espacio entre surcos después de su emergencia. Se pueden realizar pases posteriores de rastra después de creada la cama o surco. Sin embargo, cada labor de cultivo estimula

una nueva germinación de semillas de malezas y muchas operaciones de este tipo probablemente reducen los rendimientos.

El suelo se puede compactar como consecuencia de las labranzas, especialmente en suelos pesados, con el consiguiente daño a las plantas, reducción del rendimiento y la calidad (Stephens, 1965; Flocker *et al.* 1960). Otras desventajas de este método son la pérdida de humedad y la formación de terrones, que pueden interferir con la cosecha mecanizada. Bajo condiciones de suelo húmedo no son posibles las labores de cultivo, con lo cual la planta cultivable queda a expensas de la competencia de las malezas.

### **2.3.2. Métodos químicos**

Los herbicidas ofrecen una alternativa a las labores de cultivo, siempre que sean efectivos, no costosos y que no sean tóxicos a las plantas ni a los consumidores de la papa. Durante los últimos treinta años se han desarrollado muchos compuestos que son apropiados para su uso en campos de papa, tales como herbicidas de contacto, residuales de pre-emergencia y de post-emergencia.

#### **a) Herbicidas de contacto**

Estos destruyen las malezas en germinación, pero tienen poca o ninguna acción en el suelo para prevenir su posterior germinación.

#### **Herbicidas residuales de pre-emergencia**

La mayoría tiene un grado variable de acción foliar, por lo que son capaces de destruir plántulas de malezas. Su actividad es afectada por el tipo de suelo. Se necesitan bajas dosis en suelos ligeros, altas dosis superiores en suelos pesados y dosis aún más altas en suelos orgánicos. Las recomendaciones deben basarse en la experiencia local. Se debe notar que no todos los compuestos de esta categoría son apropiados para todas las situaciones y pueden resultar tóxicos bajo algunas circunstancias (Americanos 1972). Todos los herbicidas con acción residual son más efectivos cuando se aplican sobre suelo saturado de humedad o cuando se produce un riego por aspersión o lluvia poco después de la aplicación.

#### **Herbicidas de post-emergencia**

Hasta ahora los únicos compuestos seguros de esta agrupación para la papa son los graminicidas específicos. Los herbicidas de contacto y de post-emergencia no se deben aplicar cuando hay lluvia inminente. El método de irrigación también puede afectar la actividad del herbicida. Se ha demostrado que los herbicidas residuales actúan mejor bajo riego por aspersión que bajo riego por surcos (Americanos 1972).



## 2.4. PLAGAS DE LA PAPA

La papa es afectada por un sinnúmero de insectos. Los cuales constituyen daños de gran importancia por las pérdidas económicas. En la zona centro norte, debido a las condiciones climáticas es donde ocurren los principales problemas de plagas, siendo la polilla de la papa y las moscas minadoras, las más severas.

### a) Pulgones (Orden *Hemiptera*)

**Descripción de la plaga:** Los pulgones pertenecen al orden *Hemiptera*, son insectos succionadores de savia, caracterizados por tener metamorfosis incompleta, es decir, presentan estados de huevo, ninfa y adulto, siendo los últimos estadios parecidos entre sí. Poseen piezas bucales modificadas para pinchar el tejido vegetal y extraer savia. Poseen un cuerpo frágil, antenas largas y delgadas, apéndices tubulares y cola pequeña, aparato bucal picador chupador. Las hembras se reproducen por partenogénesis y paren crías vivas. La mayoría de las especies de áfidos presentan formas aladas y ápteras (sin alas). Las formas ápteras pueden ser reconocidas en campo y diferenciadas con una lupa manual, están en el cultivo la mayor parte del tiempo. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.10.)

**Daño:** El daño directo se produce por la ruptura de células, deformación de tejidos, pérdida de savia y en algunos casos por la inyección de toxinas en la planta hospedera. El daño indirecto se origina por la entrada de otros organismos a través del sitio dañado, por la transmisión de virus por varias especies y por la excreción de savia la cual constituye un medio de cultivo que es colonizado por el hongo fumagina. La presencia de este hongo reduce la comercialización y también el área fotosintética si se encuentra en hojas. (Castro, 2011)

### b) Polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*)

**Descripción de la plaga:** *Phthorimaea operculella* (Zeller). Es una de las plagas más ampliamente distribuidas y está adaptada a climas cálidos y secos. Se la encuentra afectando a muchas plantas solanáceas, entre las cuales está la papa, berenjena, tomate, pepino dulce, tabaco y muchas malezas de la misma familia. (Castro, 2011)

**Daño:** Las larvas de la polilla se alimentan de tallos, hojas, brotes y tubérculos, causando un daño directo a los tejidos provocando debilitamiento y quiebre de tallos, muerte de centros de crecimiento y depreciación de los tubérculos afectados. Por las heridas causadas por las larvas, entran enfermedades fungosas y/o bacterianas promoviendo la pudrición de tejidos. Esta plaga prospera con temperaturas de 28 °C y 68% humedad relativa (H.R). Temperaturas inferiores a 10 °C se detiene el desarrollo de la polilla. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.11.)

### **c) Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)**

**Descripción de la plaga:** Son pequeñas moscas blancas de 3 milímetros que, al igual que Pulgones, clavan un pico en las hojas y chupan la savia. Los adultos hacen la puesta de huevos en el envés de las hojas; de ellos salen las larvas y se quedan a vivir allí, en el envés. Cuando se agitan las plantas se puede ver volar una nubecilla de pequeñas mosquitas blancas. (INFOJARDIN, 2014)

**Daño:** El daño lo producen tanto las larvas como los adultos chupando savia. Esto origina una pérdida de vigor de la planta, puesto que está sufriendo daños en sus hojas. Puede transmitir virus de una planta a otra. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.12.)

### **d) Langostino de la papa (*Empoasca curveola*)**

**Descripción de la plaga:** *Empoasca curveola* (Oman). Insecto de color amarillo verdoso, ojos grandes. Muy abundante en una serie de cultivos, incluyendo cucurbitáceas, leguminosas, solanáceas, etc. (Castro, 2011)

**Daño:** Este insecto tiene un aparato digestivo del tipo chupador, por lo cual se alimenta extrayendo savia directamente del sistema vascular de los folíolos, pecíolos y tallos. En este proceso el insecto inyecta una toxina presente en la saliva, la que obstruye el sistema vascular de la planta, reduciendo la fotosíntesis y por lo mismo el rendimiento, la planta detiene su crecimiento, pudiendo alcanzar a muerte. Los síntomas producidos por este insecto se asemejan a una quemadura. Las plantas afectadas pueden reducir su rendimiento hasta en un 80%. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.13.)

### **e) Gusanos cortadores (*Agrotis bilitura*)**

**Descripción de la plaga:** *Agrotis bilitura* (Gueneé), especie correspondiente a mariposa nocturna de la especie, cuyas larvas en sus primeros estados se alimentan de follaje. Estas salen sólo de noche para alimentarse permaneciendo enterradas durante el día. (Castro, 2011)

**Daño:** Se alimentan del follaje también pueden cortar los tallos de plantas pequeñas. En los últimos estadios se alimentan de los tubérculos bajo el suelo, siendo estos los más dañinos al cultivo. Son especies que invernan como larvas iniciando su ataque en primavera. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.14.)

### **f) Gusanos alambre (*Aeolus spp*, *Conoderus spp.*, *Melanotus spp.*)**

**Descripción de la plaga:** *Aeolus spp*, *Conoderus spp.*, *Melanotus spp.* Las especies de gusanos alambres que atacan a la papa son nativas de Chile. Los adultos miden de 3 a 10 mm; son de color café grisáceo o negro y alargado con el cuerpo adelgazándose hacia los extremos; el pronoto es ancho, con márgenes a menudo proyectados hacia atrás en puntas café o naranja. Saltan con un sonido

característico cuando se ponen sobre el dorso, el cual es provocado cuando golpean la parte media de su cuerpo contra el suelo. Las larvas son generalmente duras y brillantes, de color café oscuro, elongadas y cilíndricas u ovals en la sección transversal; poseen 3 pares de patas cortas pobremente desarrolladas. Varían en una longitud de 13-38 mm cuando están bien desarrolladas. (R. Trabanino, 1998)

**Daño:** El daño causado en la planta por el gusano alambre puede presentarse en papa semilla recién plantada, la cual es destruida por las larvas, en raíces y raicillas de las plantas y en tubérculos ubicados bajo el suelo, en los que producen galerías interiores que afecta su valor comercial. En otros casos afectan el vigor de las plantas al dañar los tejidos conductores. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.14.)

### **g) Gallina ciega (*Phyllophaga* sp)**

**Descripción de plaga:** Los chocorrones se aparean, y la hembra preñada pone huevos bajo el suelo. Del huevo nace la gallina ciega. Algunas viven un año y otras viven dos. La gallina ciega vive en la tierra y crece. Cuando está grande se hace un cartucho bajo tierra, se convierte en un chocorrón y espera las lluvias. Cuando llueve, el ronrón sale y busca pareja para poner más huevos.

**Daño:** Los escarabajos adultos se alimentan de hojas y flores de muchos árboles, arbustos y otras plantas. Pueden causar daños significativos en grandes concentraciones. Las larvas (conocidas como gallina ciega, orontoco, chorontoco, etc.) se alimentan de las raíces de gramíneas (principalmente maíz y sorgo) y otras plantas. El mejor control es la buena preparación de tierra. La gallina ciega es delicada y se muere con cualquier golpe. El sol la mata. Si las gallinas andan detrás del arado, escarban y comen gallinas ciegas. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.16.)

## **2.5. ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*)**

Existe una variada gama de enfermedades que afectan tanto a la planta como el tubérculo de papa. Los patógenos que provocan las numerosas patologías, por lo general están presentes en el suelo o bien, pueden ser transmitidos por la papa semilla. Todos los agentes patógenos se multiplicarán a medida que el hospedero sea abundante y permanente, de esta manera, en la medida que un suelo este siendo utilizado como monocultivo y/o se use papa-semilla de mala calidad, se aumentará el inóculo y también las pérdidas debidas a un bajo rendimiento. Una regla general de gran utilidad es usar papa-semilla comprobadamente sana (certificada) y realizar rotaciones periódicas para el cultivo.

### 2.5.1. Enfermedades causadas por hongos

#### a) Tizón Tardío, apagón o quema (*Phytophthora infestans*)

Producida por hongos, ampliamente difundida y de gran relevancia económica en Centroamérica por sus características epidémicas, los altos costos de control y gran efecto depresivo en la producción. (Castro, 2011)

**Daños:** Se puede presentar en cualquier parte de la planta, excepto en las raíces, inicialmente aparecen manchas acuosas pequeñas de color verde claro a oscuro, circulares e irregulares en las puntas o bordes de las hojas inferiores. Posteriormente las lesiones toman un color café oscuro o negro, por debajo de la hoja se forma una zona blanca recubierta con filamentos blandos, hasta que las hojas son cubiertas en su totalidad por la infección y mueren. Ataques tempranos forman un anillo alrededor del tallo, causándole la muerte en poco tiempo. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.17.)

#### b) Tizón Temprano (*Alternaria solani*)

Esta enfermedad se manifiesta en forma de manchas irregulares en las hojas de 1.5 cm de diámetro, constituidas por anillos concéntricos. En los tallos y tubérculos también se observan manchas concéntricas de color marrón a negro, pueden ser pequeñas, profundas con bordes bien definidos. Las lesiones poseen una consistencia dura con una capa superficial aterciopelada y de color negro constituida por esporas y filamentos blancos que constituyen el hongo. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.17.)

**Daños:** se inicia en las hojas inferiores, dependiendo de las condiciones ambientales, puede progresar lenta o rápidamente hasta las hojas superiores. Las esporas germinadas penetran los tejidos de la planta en forma directa o a través de heridas, por la presencia de daño físico raspaduras o quiebra de las hojas así como por la acción de insectos, que facilitan la entrada del hongo a la planta. Cuando se presenta un ataque fuerte, la planta pierde sus hojas, disminuyéndose el área fotosintética y con ella la producción y la rentabilidad del cultivo. (Castro, 2011)

#### c) Rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*)

**Daños:** En la superficie de los tubérculos maduros se forman costras de color negro, en forma de terrones o lunares. Por debajo de estas costras no se observa ningún daño, además se presentan grietas, malformaciones, concavidades y destrucción del tejido en el extremo de unión del tubérculo con la raíz de la planta. Los efectos más serios se presentan poco después de la siembra, cuando el hongo destruye los brotes subterráneos de la semilla, retardando o anulando su enraizamiento y brotación de la planta, en especial en suelos fríos y muy húmedos, lo que ocasiona una plantación desuniforme, plantas, débiles y reducción en el rendimiento. (Castro, 2011)

En los brotes emergidos se presentan lesiones en la base del tallo en forma de depresiones profundas que llegan a estrangularlos, se observa arrollamiento hacia arriba de los tejidos y hojas más jóvenes, y a menudo presenta amarillamiento en la parte superior de la planta. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.17.)

#### **d) Roña polvosa (*Spongospora subterranea*)**

Se desarrolla mejor bajo condiciones de clima frío y húmedo, pero se encuentra en todo lugar que se cultive papa. El hongo se conserva en el suelo y germina en presencia de raíces susceptibles, ingresan las capas superficiales de las raíces, estolones o pelos radiculares y de ahí la infección pasa a los tubérculos. El tiempo que transcurre desde que empieza la infección de las raíces y tubérculos, hasta la formación de las agallas, es menor de tres semanas. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.17.)

**Daños:** Afecta los tubérculos en los cuales produce lesiones más o menos circulares y poco profundas, generalmente colores canela claro o castaños y semejantes a una capa corchosa superficial. También ataca la raíz formando pústulas que provocan marchitez y la muerte de la planta. Durante el almacenamiento puede transformarse en pudrición seca o dar lugar a la formación de un mayor número de pústulas o úlceras, al madurar las pústulas, se desintegran y liberan hacia el suelo las esporas. (Castro, 2011)

#### **e) Pudrición seca de los tubérculos (*Fusarium solani* y *Fusarium roseum*)**

Es común en las bodegas durante el almacenamiento y se puede transmitir a las áreas de siembra. Este hongo sobrevive en el suelo por varios años, se transportan en las partículas de tierra adheridas en la superficie de los tubérculos, botas, ropa y herramientas. Los tubérculos son resistentes a la infección en el momento de la cosecha, la susceptibilidad aumenta durante el almacenamiento. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.17.)

**Daños:** Afecta a los tubérculos, causa lesiones irregulares, hundidas y arrugadas con anillos concéntricos, a medida que el tejido se va secando sobre la lesión se observa un filamento blanco o rosado, el tejido interno de la parte afectada es de color oscuro, tornándose cavernoso y seco. El tubérculo afectado reduce su tamaño y luego se momifica, la interacción del hongo con bacterias ocasiona pérdidas económicas muy severas. (Castro, 2011)

## 2.5.2. Enfermedades causadas por bacterias

### a) Marchitez bacterial (*Pseudomonas solanacearum*)

Es una enfermedad que está presente en los cinco continentes, ataca a más de doscientas especies de plantas cultivadas y malezas, entre las que están la papa, el tomate, el tabaco, el chile dulce y muchos otros. (Castro, 2011)

**Daños:** se inicia principalmente a través de heridas en la raíz, la bacteria puede permanecer en los tubérculos y el follaje sin mostrar síntomas. En la planta infestada el tallo se oscurece, posteriormente las hojas se marchitan y la planta presenta enanismo a cualquier edad. En el tubérculo se observa una decoloración gris-parduzca; cuando se cortan, al aplicarles una ligera presión se producen un exudado en forma de gólicas blanquecinas que se oscurecen, tornándose en una sustancia pegajosa y de mal olor. En estados avanzados, el tubérculo puede desintegrarse, llegando a una pudrición fétida. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.18.)

### b) Pie Negro (*Erwinia sp.*)

Esta enfermedad bacteriana ataca el cultivo de papa principalmente en las regiones de mayor altura que poseen bajas temperaturas y una alta humedad relativa. (Castro, 2011)

**Daños:** La planta detiene su crecimiento, en el tallo se observa pudrición de apariencia de tinta negra, las hojas se vuelven amarillentas y se enrollan hacia arriba, posteriormente se marchitan hasta morir, los brotes pueden ser atacados antes de emerger si proceden de semilla contaminada. Las heridas provocadas por efecto del viento sirven de entrada para la bacteria. En los tubérculos el ataque puede suceder en el suelo antes de la cosecha o en el almacén, se manifiesta por lesiones circulares, húmedas, hundidas, color castaño y de consistencia blanda y de mal olor. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig. 18.)

## 2.5.3. Enfermedades causadas por Virus

### a) Virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV)

Es el virus más importante en el cultivo, ya que reduce el rendimiento hasta en un 80 % en la cosecha. Cuando la infección es tardía no se presentan síntomas, ni se observa reducción en el rendimiento, pero si los tubérculos se usan como semilla, producen plantas enfermas. (Castro, 2011)

**Daños:** Se transmite por áfidos, los síntomas primarios se hacen evidentes principalmente en las hojas jóvenes, las cuales se muestran erectas, enrolladas y pálidas, los secundarios se notan cuando los folíolos u hojas inferiores se muestran enrollados y las hojas superiores tienen un color más claro. Las hojas se ponen rígidas y coriáceas o duras, las plantas evidencian enanismo y crecimiento erecto.

### **b) Virus del mosaico rugoso (PVY)**

Es el segundo más importante debido a la disminución en el rendimiento de las plantas, pudiendo alcanzar hasta un 80%, por su fácil diseminación y porque cuando se combina con el virus PVX, es muy destructivo. (Castro, 2011)

**Daños:** El síntoma típico es la rugosidad y el moteado del follaje, estos síntomas aparecen de cuatro a seis semanas después de la siembra, reducen el crecimiento de la planta, provoca amarillamiento, se observan hojas corrugadas y dobladas hacia abajo, en el envés de las hojas aparecen pequeñas manchas de tejido muerto de color oscuro. La diseminación depende de la presencia de áfidos con alas, es llevado en el estilete del insecto (que usa para perforar la hoja y alimentarse) y transmitido en pocos segundos en forma no persistente por muchas especies de áfidos, pero el *Myzus persicae* es el más eficiente.

### **c) Virus del Mosaico Latente (PVX)**

Es uno de los virus más frecuentes en Centro América debido a su fácil transmisión mecánica y a la existencia de variantes del virus, a menudo infecta campos ocasionando una reducción en el rendimiento que oscila entre 0 y 15%. Puede ser del tipo latente o sea que no se observan síntomas en el follaje, con excepción de una ligera reducción en el vigor de la planta en comparación con una planta sana; puede también provocar mosaico suave (manchado de las hojas) a severo o mosaico rugoso con enanismo de la planta y reducción en el tamaño de las hojas. (Castro, 2011)

**Daños:** los síntomas más típicos son un mosaico (manchado) de las hojas, ligero enanismo de las plantas y reducción en el rendimiento. Se transmite a través del tubérculo, la transmisión por contacto se realiza con facilidad en el campo, por efecto de la acción del viento que rompe las hojas y obliga al roce entre las plantas, el contacto entre raíces, el ataque de insectos y la maquinaria.

## **2.6. RIEGO POR GOTEO**

El riego por goteo es el suministro de agua constante y uniforme, gota a gota, que permite mantener el agua de la zona radicular en condiciones de baja tensión. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig.19.)

### **2.6.1. Características del riego por goteo**

A diferencia del riego tradicional y de la aspersión, aquí el agua se conduce desde el depósito o la fuente de abastecimiento a través de tuberías y en su destino se libera gota a gota justo en el lugar donde se ubica la planta. El agua se infiltra en el suelo produciendo una zona húmeda restringida a un espacio concreto. Espacio que funciona en vertical y horizontal formando lo que se ha venido en llamar por su forma bulbo de humedad.

El riego por goteo consigue mantener la humedad necesaria en la zona radicular de cada planta, y sólo en esa zona. Por consiguiente no se moja todo el suelo sino parte del mismo, y sólo en la parte necesaria para el desarrollo de las raíces. Ese bulbo húmedo variará, según las características del suelo, la cantidad de agua y el tiempo que dure ese constante goteo. Como consecuencia y, al acotar la superficie humedecida, las raíces limitan su expansión a ese espacio y no a otro.

### **2.6.2. Ventajas del riego por goteo**

1. Ahorra entre el 40 y el 60% de agua respecto a los sistemas tradicionales de riego
2. Fácil de operar.
3. Reducción muy significativa de la mano de obra. No sólo en la vigilancia del riego sino, y sobre todo, por la menor incidencia de las malas hierbas en el cultivo.
4. Bajo costo de mantenimiento. Permite un fácil lavado de tuberías y destape de goteros.
5. Se requiere mínima presión para su operación
6. Economía importante en productos fitosanitarios y abonos.
7. Incremento notable en la producción.
8. Adaptación a todo tipo de superficies y desniveles en su relieve natural sin inversión en la nivelación y transporte de tierras
9. Reducción en el lavado del suelo por acumulación de sales.

### **2.6.3. Desventajas del riego por goteo**

1. Es un sistema de alto costo de instalación.
2. Taponamiento de goteros con agua de mala calidad.
3. No permite mecanizar el área de trabajo (preparación de suelo).
4. Daños mecánicos ocasionados por la mano de obra.
5. Exige estricta utilización de sistemas de filtrado



#### 2.6.4. Componentes del sistema de riego por goteo

Componentes:

1. **Fuente de Agua y Estación de Bombeo:** Se utilizan para almacenar y bombear agua. El agua puede contener materia orgánica.
2. **Bomba de pozo Profundo.** Típicamente se utiliza para aprovechar mantos acuíferos subterráneos. El agua puede contener arena, minerales o materia biológica.
3. **Programador de Riego:** Dispositivo electrónico que activa las válvulas conforme a un programa definido por el usuario.
4. **Equipo de Inyección de Agroquímicos:** Generalmente, los agroquímicos como lo son el cloro, el ácido y los fertilizantes son inyectados desde tanques independientes.
5. **Filtros Principales:** Los filtros limpian el agua de materia orgánica e inorgánica para evitar que se tapen los goteros.
6. **Válvulas de Control:** Regulan la presión y el flujo; liberan el aire y el vacío. El sistema se controla mediante manómetros y medidores de flujo.
7. **Válvulas de Control y Filtros Secundarios:** Regulan la presión y el flujo de cada bloque de riego; los filtros secundarios brindan mayor seguridad en el filtrado.
8. **Cinta de Riego por Goteo.**

# **CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3.1. METODOLOGÍA

#### 3.1.1. Localización

El estudio se realizó en el departamento de León, comunidad Abangasca sur, ubicada a 6 kilómetros al oeste de la cabecera municipal de León (Fig. 1), a una altura de 109.21 msnm; en el periodo comprendido entre los meses de Diciembre del año 2013 y Abril del año 2014.

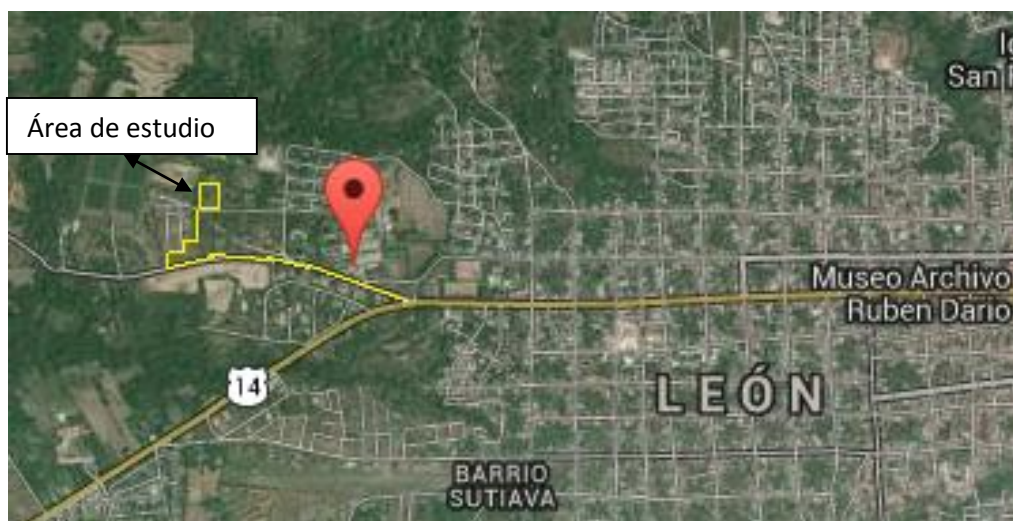


Figura 1. Localización del área de estudio

#### 3.1.2. Condiciones Edafoclimáticas

El clima imperante en la zona de estudio es trópico seco, con temperaturas que oscilan entre los 29.5 °C - 32 °C, presentando las temperaturas máximas en el mes de Abril y las temperaturas mínimas en el mes de Octubre con 26.1 °C. La precipitación es de carácter estacional, una estación lluviosa que abarca desde el mes de Mayo al mes de Octubre, denominada invierno y otra estación seca que abarca desde el mes de Noviembre al mes de Abril denominada verano, la precipitación promedio va desde 1200-1592.9 mm anual.

La zona de estudio se clasifica como subtropical húmeda y caliente. La humedad relativa promedio es de 76%; se presenta entre 67% cuando se registran las mayores temperaturas en el mes de Abril y de 89% cuando se registran las mayores precipitaciones en el mes de Mayo con 232.3 mm. Los vientos predominantes: Del noreste al sureste con velocidades de viento de 1.8 mts/segundo según datos meteorológicos de la estación (Tabla 6.). (INETER, 2000).

**Tabla 6. Datos Meteorológicos de León**

Estación	LEON (AEROP.GODOY) / LEON
Código	64 043
Período	1974 - 2000
Latitud	12° 25' 36" N
Longitud	86° 54' 48" W
Elevación	60 msnm
Tipo	HMP

Fuente: INETER, 2014

La zona de estudio presenta suelos franco arenosos a franco arcillosos, los suelos son utilizados para la siembra de cultivos como maíz, sorgo, arroz, soya, maní, musáceas, piña, mango entre otros. Presenta problemas de inundaciones, erosión de menor escala, destrucción de caminos y cárcavas. (Diagnostico rural participativo de la comunidad Abangasca Sur, 1999)

### 3.1.3. Muestreo de Suelo

El análisis de suelo es el instrumento básico para la transferencia de información sobre fertilización. La operación del muestreo incluye la extracción del material que forma el suelo, esta operación se realizó tomando una muestra compuesta de suelo, la cual se refiere a la extracción de varias muestras simples o submuestras que fueron extraídas haciendo un corte en “V” en la superficie del suelo como se observa en la figura 1., con ayuda de una pala a una profundidad de 20 cm procediendo a sacar una rebanada de 3 cm de espesor aproximadamente, reunidas en un recipiente y bien mezcladas (ver Fig. 2), el muestreo de suelo se realizó al azar de forma asistemática, es decir, sin un diseño especial, donde se retiró 1 kg de suelo que se depositó en una bolsa plástica. Además se realizó también la extracción de dos muestras inalteradas de la superficie del terreno a través de un cilindro de volumen conocido debidamente identificadas para ser enviadas al laboratorio.

Figura. 1. Corte en "V" del suelo

Profundidad recomendada

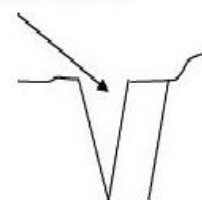


Figura. 2.Extracción de la muestra del suelo



### 3.1.3.1. Determinación de las propiedades Físico- químicas del suelo

Este estudio se realizó mediante el respectivo análisis físico y químico de las muestras llevadas al laboratorio de Edafología de la Facultad de Tecnología de la Construcción ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) para conocer la fertilidad del suelo y sus principales características. (Tabla 7.)

Tabla 7. Propiedades Hidrofísicas del suelo

<b>Capacidad de campo (Cc)</b>
<b>Punto de marchitez permanente (PMP).</b>
<b>Densidad aparente (Da).</b>
<b>Densidad real (Dr).</b>
<b>Porosidad total (Pt)</b>
<b>Textura</b>
<b>Potencial Hidrógeno (pH)</b>
<b>Conductividad Eléctrica (CE).</b>

### 3.1.4. Diseño del sistema de riego

El diseño agronómico del sistema de riego por goteo depende del cultivo, el tipo de siembra o marco de plantación y de la profundidad de mojado, utilizando esta información conocemos el caudal de agua necesario para cubrir las necesidades hídricas del cultivo, se determinó el número de emisores por planta o metro cuadrado y disposición de los laterales. El Diseño hidráulico garantizara una óptima distribución del caudal arriba determinado, mediante un dimensionado óptimo de la red de riego y de los elementos que la componen. Se realizaron todos los cálculos pertinentes (Ver Anexo IV. Diseños de riego), tomando datos de la estación meteorológica ubicada en León, los cuales fueron proporcionados por INETER para calcular la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) y así determinar la Evapotranspiración del Cultivo (ET<sub>r</sub>) y satisfacer sus necesidades hídricas.

### **3.1.5. Manejo agronómico del cultivo de la papa**

#### **3.1.5.1. Preparación del terreno**

##### **a) Delimitación del área**

Una vez ubicados en la finca se identificó un terreno propicio para el desarrollo óptimo del cultivo, en el cual se destinó un área de 48 metros de largo por 28 metros de ancho (1,344 m<sup>2</sup>) donde se realizaría la siembra, tomando en cuenta la fuente de abastecimiento de agua, las características del suelo y su topografía. La delimitación de la parcela demostrativa se realizó usando cinta métrica, y colocando en el terreno estacas en cada uno de sus vértices hasta formar el rectángulo.

##### **b) Limpieza de la parcela y preparación del terreno**

Ya delimitada el área de estudio, se procedió a realizar la limpieza del terreno, en el momento de la limpieza el área se encontraba utilizada por cultivo de maíz y por falta de recursos se procedió a limpiar a mano con el uso de herramientas como machete, piocha y azadón para eliminar el cultivo y maleza que se encontraban en el terreno y que pudieran afectar o competir con el cultivo. La preparación del terreno se realizó utilizando tracción animal para realizar todas las labores de arado y surcado.

##### **c) Distribución de las variedades a evaluar (Cal White, Monte Carlo y Cardinal) en el área**

Las variedades de papa seleccionadas fue por disposición de la UNI/Parque Tecnológico, a ser utilizadas en el proceso de selección a condiciones climáticas de las zonas bajas de occidente fueron proporcionadas por la empresa ECROMA, y se distribuyeron dividiendo la parcela demostrativa en tres pequeñas áreas de iguales dimensiones, y las cuales se rotularon para ser identificadas posteriormente a la siembra.

##### **d) Surcado**

Realizado el pase de arado y surqueo del suelo, se procedió a elaborar los camellones, en total se abrieron 20 camellones, contando la variedad Cal White, Monte Carlo y Cardinal con 9, 5 y 6 camellones respectivamente; esta actividad se realizó manualmente con azadón, cada surco medía 40 metros de largo, espaciado a un 1.25 metros cada uno aproximadamente.

### e) Aplicación de pre-riego

Días antes de la plantación se dio un riego abundante durante dos horas al día por dos días, hasta dejarlo en capacidad de campo y posteriormente se dieron riegos cortos de 1 hora día de por medio, para evitar sequia y/o exceso de humedad hasta que la planta estuvo bien enraizada.

### f) Fertilización base

Antes de la siembra se procedió a incorporar manualmente el fertilizante base que consistía en la mezcla de Urea 46%, DAP 18-46-0 y MOP 0-0-60, depositándolo en el fondo del surco y tapándolo con un azadón.

### g) Selección de semilla

Se realizó una selección de tubérculo semilla previo a la siembra para desechar todo aquel tubérculo que estuviera en estado de pudrición, además se tomaron 50 muestras representativas de las semillas seleccionadas para la siembra y obtener un promedio de emisión de brotes de cada variedad y el tamaño del tubérculo semilla, ya que el tamaño del tubérculo afecta la velocidad de brotamiento, crecimiento de la planta y el rendimiento.



Figura. 3. Selección de semillas.

### h) Siembra

La siembra se realizó el día Jueves 19 de Diciembre de 2013 por tubérculo-semilla, utilizando semilla certificada y previamente seleccionada. Previo a la siembra se realizó desinfección del suelo aplicando el insecticida Lorsban con una bomba de mochila de 20 lts a razón de 150 gr/bombada; colocando después la semilla a una profundidad de 10 centímetros y a una distancia entre semilla de 35 centímetros aproximadamente. Posteriormente aplicamos el bactericida Agrimicin al tubérculo-semilla a razón de 12 gr/bombada como medida bacteriana y la tapamos manualmente con ayuda de azadones, formando un camellón o lomillo por encima de la semilla.



Figura. 4.Siembra

### **i) Aplicación de riego continuo a lo largo del ciclo vegetativo según la norma y el tiempo de riego de diseño**

Una vez terminado el proceso de siembra, se procedió a colocar las cintas de riego sobre los camellones y se inició el riego. Para asegurar que el riego se aplique al momento y en cantidad adecuada, se llevó un monitoreo de la humedad en la zona radicular. Este monitoreo se hizo alrededor de la semilla. Se observó que el suelo mantenía una buena humedad; por lo que realizando los cálculos pertinentes, se mantuvo el riego de 2.3 horas, día de por medio para evitar sequia y/o exceso de humedad; el estrés por el agua reduce la habilidad de las hojas de captar el dióxido de carbono del aire y por lo tanto reduce la producción de hidratos de carbono y además puede ocurrir que el almidón de los tubérculos se transforme en azúcar y se vuelva a las hojas. Esto tiene como resultado, tubérculos con bajo contenido de almidón y por lo tanto peso específico más bajo. (Bergonzi, Importancia del peso específico de la papa en la industria procesadora, 2005)

### **j) Control de malezas**

Se realizó en toda el área experimental, un control de malezas de forma manual para evitar daños a la planta; esto se hizo una vez por semana con el objetivo de evitar el crecimiento de estas a lo largo del desarrollo del cultivo, se eliminó la mayor cantidad de maleza posible y con ayuda de una pala se sacó de dicha parcela, entre las malezas se encontraron en gran cantidad Coyolillo (*Cyperus rotundus*), Zacate gallina (*Cynodon dactylon*), Verdolaga (*Portulaca oleracea*), Zacate chompipe (*Lxophoru sunisetus*) y Bledo espinoso (*Amaranthus spinosus L.*); entre las malezas se encontró mayor incidencia de Coyolillo y Bledo espinoso.



Figura. 5. Control de malezas manual



### k) Control de plagas y enfermedades

Se realizó un muestreo de plagas y enfermedades periódicamente para conocer y controlar la incidencia de estas en el cultivo. Utilizando una bomba de 20 lts se realizaron aplicaciones preventivas de insecticida Imidacloprid a los 19 DDS y fungicida Curzate a los 20 DDS. Después se realizó una aplicación de Ecuation a razón de 60 gr/bombada a los 30 DDS después del aporque realizado para evitar afectaciones por virus y bacterias al cultivo, posteriormente a los 35 DDS se encontró incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani*) por lo cual se realizó una aplicación de Clorodatonil a razón de 150 cc/bombada, más Curzate a razón de 200 gr/bombada. De igual manera, observamos afectaciones al cultivo por gusano alambre (*Aeolus spp.*) por lo que se aplicó insecticida Lorsban a razón de 100 gr/bombada a los 44 DDS. Seguidamente se realizaron aplicaciones preventivas de fungicida Clorodatonil a razón de 200 cc/bombada por la incidencia del de tizón temprano (*Alternaria solani*) cada 10 días y finalmente a los 54 DDS se aplicó Eviset a razón de 7.5 gr/bombada debido a la incidencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y larvas en estadio L1 de gusano peludo (*Estigmene acrea*) y 60 gr/bombada de Ecuation después del aporque.



Figura. 6. Control de plagas

### l) Fertilización Nitrogenada, foliar y aporque

Después de la siembra se realizó una segunda fertilización con UREA 46% y KCL a los 30 DDS, la tercera fertilización para las variedades Cal White y Monte Carlo con Nitrato de Amonio y Sulfato de Magnesio a los 40 DDS, una cuarta fertilización con triple 20 a los 50 DDS para todas las variedades y la última fertilización para la variedad Cardinal con UREA 46% y Nitrato de Calcio a los 54 DDS, realizando el aporque después de haber aplicado el fertilizante con ayuda de un azadón para evitar pérdidas por volatilización.



Figura. 7. Fertilización y aporque.

### **m) Cosecha**

La cosecha se realizó cortando el follaje al cultivo con 8 días de anticipación, y cortando el riego definitivamente. Una vez pasado los 8 días se procedió a cosechar haciendo uso de un azadón, removiendo la tierra a un lado del surco invirtiendo el suelo de donde se encontraba la planta, teniendo sumo cuidado en no dañar los tubérculos con este, de esta forma los tubérculos quedaban en la parte superficial. La cosecha se inició con la variedad Cal White y Monte Carlo a los 76 DDS y la variedad Cardinal a los 93 DDS. Luego de la cosecha, los tubérculos se depositaron en sacos de malla identificados por variedad para su debido almacenamiento y pesaje.



**Figura. 8.** Volteo del suelo y cosecha del cultivo.

## **3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL**

En el área experimental seleccionada, se agruparon de manera ordenada las variedades para asegurar la obtención de datos correctamente, lo que permite un análisis objetivo que nos guiara hacia las conclusiones validadas de la investigación.

Para nuestro trabajo investigativo se sembraron 1120 tubérculo-semilla de la variedad Cal White, 620 tubérculos-semilla de la variedad Monte Carlo y 722 tubérculos-semilla de la variedad Cardinal, de las cuales tuvieron un porcentaje de germinación del 88.48%, 99% y 98.3% respectivamente, de estas plantas germinadas se seleccionaron al azar el 10% de plantas germinadas de cada variedad sembrada, con el objetivo de obtener todas las variables de respuestas.

### **3.2.1. Variables de respuesta**

Se midieron distintas variables al momento del desarrollo vegetativo del cultivo y durante la cosecha, con el fin de obtener datos de cada variedad y posteriormente ser evaluados y comparados para efectos del estudio.

## a) Variables de desarrollo

- ✚ **Altura de la planta (cm):** Se midió la altura de cada una de las plantas previamente seleccionadas, primero se seleccionó por simple inspección uno de los tallos de la planta y después se procedió a marcarlo con una cinta con el propósito de medir este mismo tallo en el segundo levantamiento de datos. Haciendo uso de una cinta métrica se tomó la longitud del tallo desde su base hasta la yema apical, evitando provocar daños a la planta, esto se realizó a los 25 y 55 DDS.
- ✚ **Número de tallos:** Se contabilizaron la cantidad de tallos que tenían cada planta muestreada de forma manual, ya que esto está relacionada al número y el tamaño de tubérculo. La densidad recomendada de tallos depende del ambiente, propósito del cultivo y de la variedad de papa.
- ✚ **Diámetro del Tallo (mm):** Una vez seleccionado el tallo, se procedió a medir con ayuda de un vernier o pie de rey su diámetro, esta acción se realizó a los 25 y 55 DDS.
- ✚ **Número de hojas:** Se contabilizaron el total número de hojas compuestas de cada planta de forma manual, a los 25 y 55 DDS; ya que un excesivo desarrollo de follaje está relacionado con un desarrollo tardío de tubérculos y viceversa.
- ✚ **Diámetro de hoja y longitud de la hoja (cm):** Se seleccionó una hoja de cada planta y con ayuda de una cinta métrica se procedió a medir su diámetro y longitud, a los 25 y 55 DDS.

## b) Variables de cosecha

- ✚ **Número de tubérculo por planta:** Se contabilizo la cantidad de tubérculos por cada planta muestreada, para determinar la producción por unidad de área.
- ✚ **Diámetro polar del tubérculo (mm):** La medición del diámetro polar se efectuó a lo largo de cada tubérculo de cada planta muestreada, haciendo uso de un vernier o pie de rey. Esto se realiza para conocer el tamaño de los tubérculos, debido que entre mayor número de tallos los tubérculos producidos serán más pequeños que los tubérculos producidos con menor número de tallos.

- ✚ **Diámetro ecuatorial del tubérculo (mm):** La medición del diámetro ecuatorial se efectuó en la zona media alrededor de cada tubérculo de cada planta muestreada, haciendo uso de un vernier o pie de rey, al igual que el diámetro polar nos facilitó conocer el tamaño de los tubérculos.
  - ✚ **Peso del tubérculo (gr):** Se tomó el peso de cada uno de los tubérculos de cada planta muestreada haciendo uso de una balanza de precisión, para determinar junto al tamaño de los tubérculos el rendimiento de producción.
  - ✚ **Rendimiento (ton/ha):** Para determinar esta variable se seleccionó un área útil de 1mt lineal a lo largo del surco y 2 surcos a lo ancho, aproximadamente de 1.25 m<sup>2</sup> dentro 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 ton/Ha.
- c) Variables de Temperatura:** Se tomaron temperaturas diurnas y nocturnas del lugar con ayuda de un termómetro a los 29, 30 y 55 DDS, estas temperaturas se medían cada 3 horas.

# **CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### 4.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO

En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis físicoquímico del suelo realizado en el laboratorio de Edafología (UNI-FTC).

**Tabla 8. Resultados de análisis físicoquímicos del suelo del área experimental**

PROPIEDAD	VALOR	CLASIFICACIÓN
Textura	Arena 63.62% Limo 32.12% Arcilla 4.26%	Franco arenoso
Capacidad de campo (Cc)	24.66%	Media
Punto de marchitez permanente (PMP).	13.40%	Media
Densidad aparente (Da).	0.952 gr/cm <sup>3</sup>	Muy baja
Densidad real (Dr).	2.512 gr/cm <sup>3</sup>	Medio
Porosidad total (Pt)	62.10%	Alta
Potencial Hidrógeno (pH)	5.14	Fuertemente ácido
Conductividad Eléctrica (CE).	31.48 µs/cm	No salino
Materia orgánica (MO)	3%	Medio
Acidez intercambiable	0.6365 meq/100 gr de suelo	

Según los resultados obtenidos del análisis de suelo, se observa que en el área experimental el suelo es de textura franco arenosa conteniendo 63.62% de arena, 32.12% de limo y 4.26% de arcilla, lo que significa que tienen buen drenaje y buena aireación, la cual ayuda a un mejor desarrollo del tubérculo, de igual manera contribuye a una mejor dinámica de sobrevivencia a los organismos en el suelo y ayudándoles a absorber los nutrientes.

La capacidad de campo (CC) es de 24.66%, clasificado como medio, es decir que por cada 100 gr de suelo retiene 24.66 gr de agua que podrán ser utilizados por el cultivo. El punto de marchitez permanente (PMP) fue de 13.40% clasificado como medio, lo que indica que a partir de ahí la planta no tendrá posibilidades de abastecerse de agua.

La densidad aparente (Da) se interpreta como muy baja con un valor de 0.952 gr/cm<sup>3</sup>, implica suelo poroso, bien aireado, con buen drenaje y buena penetración

de raíces, características óptimas para un buen crecimiento y desarrollo de las plantas y formación de tubérculos.

Como se muestra en la tabla nº 8., la densidad real (Dr) es media, correspondiente a 2.512 gr/cm<sup>3</sup>, lo que indica un suelo con mucha materia orgánica.

La porosidad (%P) del suelo se deriva de la relación entre Densidad aparente (Da) y Densidad real (Dr), el resultado obtenido es de 62.10% que se clasifica como alta, en otras palabras es un suelo con gran capacidad de aireación y circulación de líquidos, lo que permite un buen desarrollo del cultivo.

En la tabla nº 8., se observa que el suelo tiene un potencial de hidrogeno (pH) con 5.14, se clasifica como fuertemente ácido, a lo largo de los planteamientos hechos los mejores rendimientos se logran en suelos franco arenosos, profundos, bien drenados y con un pH de 5,5 a 6,0., significa por lo tanto, que el cultivo se encuentra en condiciones favorables para su desarrollo, aunque a veces puede ir acompañado de deficiencia de Ca, K, Mg, N, P, S, Mo, y exceso de Cu, Fe, Mn, Zn, Co; con actividad bacteriana escasa en el suelo.

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo, de acuerdo con el resultado de 31.48  $\mu$ s/cm, es un suelo no salino, por lo tanto sin problemas de salinización debido al sistema de riego con que se cuenta.

Se determinó un porcentaje de materia orgánica (MO) de 3%, la materia orgánica se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad, dadas las condiciones que anteceden, se observa claramente cómo afecta a las propiedades físicas y químicas del suelo, ya que la materia orgánica disminuye la densidad aparente del suelo, por tener una menor densidad de la fracción mineral, aumenta la porosidad del suelo, mejorando la aireación, penetración y retención de agua y mejora la disponibilidad de micronutrientes para las plantas.

La acidez intercambiable corresponde a Al y el H intercambiables y en la solución del suelo, que son los que pueden perjudicar el crecimiento de las plantas. Cuando el valor de acidez intercambiable es mayor de 0,5 meq/100gr, algunas plantas pueden presentar problemas moderados de crecimiento, y un contenido mayor a 1 meq/100gr se considera muy alto; en comparación con los resultados obtenidos de nuestra muestra de suelo tenemos una acidez de 0.6365 meq que está ligeramente por encima, pero es utilizable ya que esta no impide el desarrollo del cultivo.

## 4.2. ANÁLISIS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

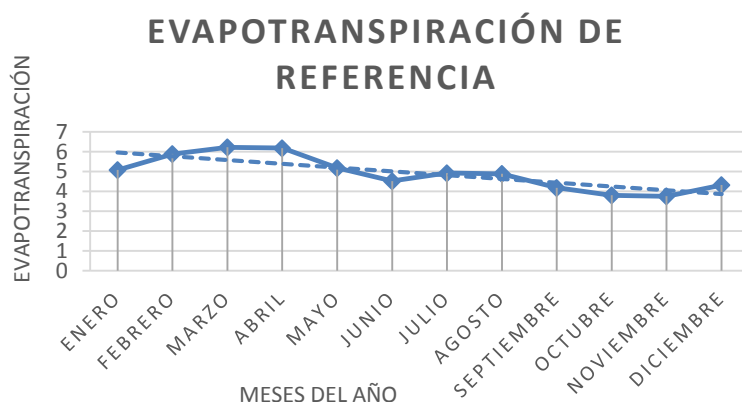
En la siguiente tabla se muestra el resultado de la Evapotranspiración de Referencia para la zona de estudio.

**Tabla 9. Resultado de evapotranspiración de referencia**

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Users\admin\Desktop\monografia de validacion de papa ...							
País		Nicaragua		Estación		LEON (AEROP.GODOY)	
Altitud		600 m.		Latitud		12.25 °N	
				Longitud		86.54 °E	
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día
Enero	20.2	33.9	69	2.9	8.6	19.4	5.07
Febrero	21.4	34.9	65	3.3	8.6	20.9	5.88
Marzo	22.6	35.7	66	3.2	8.6	22.2	6.22
Abril	23.9	36.3	68	2.8	8.5	22.6	6.18
Mayo	23.9	34.5	77	2.2	7.6	20.9	5.18
Junio	23.2	32.8	83	1.9	7.0	19.8	4.52
Julio	22.6	33.3	79	2.2	7.8	21.0	4.92
Agosto	22.6	33.5	82	2.1	7.8	21.3	4.88
Septiembre	22.5	31.9	87	1.7	6.6	19.3	4.18
Octubre	22.2	31.4	87	1.6	6.3	17.8	3.80
Noviembre	21.9	32.1	83	1.6	6.8	17.1	3.75
Diciembre	20.1	33.1	75	2.2	8.2	18.4	4.32
Promedio	22.3	33.6	77	2.3	7.7	20.1	4.91

El cálculo de la evapotranspiración de referencia se realizó utilizando la herramienta de cálculo CROPWAT 8.0, el cual permitió introducir los valores promedios de las variables climáticas y calcular automáticamente la evapotranspiración.

**GRAFICA 1. Evapotranspiración de referencia**



En la gráfica nº 1., se observa que el valor más alto comprendido en el periodo de Diciembre 2013 a Abril 2014 es el del mes de Marzo con una evapotranspiración de 6.22 mm/mes, coincidiendo con la época seca.



#### 4.3. RESULTADOS DE TEMPERATURA DEL AMBIENTE

En las siguientes tablas se observan los resultados de la recolección de datos de temperaturas nocturnas a los 29, 30 y 55 DDS.

**Tabla 10. Resultados de Temperatura nocturna mínima a los 29, 30 y 55 DDS**

Hora	Temperatura mínima nocturna(°C)			Promedio (°C)
	29 DDS	30DDS	55 DDS	
<b>09:00 pm</b>	23.5	18.2	27.9	23.2
<b>12:00 am</b>	23.5	18.2	26.7	22.8
<b>03:00 am</b>	21	18.2	26	21.7
<b>Promedio</b>	22.6	18.2	26.86	22.5

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se ha observado en la tabla nº.10 los promedios de temperatura nocturna mínima se encuentran en un rango de 18.2 °C y 26.86 °C. Al compararse con los promedios de temperaturas de las zonas productoras de papa de Nicaragua (Jinotega, Estelí y Matagalpa), que oscilan desde 18°C a 20°C, se observa un considerable incremento debido principalmente a las condiciones de Topografía y Relieve. Aun así la planta de la papa se desarrolló, considerando que las temperaturas mínimas nocturnas (Tabla nº 10.) llegaron hasta 18.2 °C, lo que influyó en el desarrollo de la tuberización.

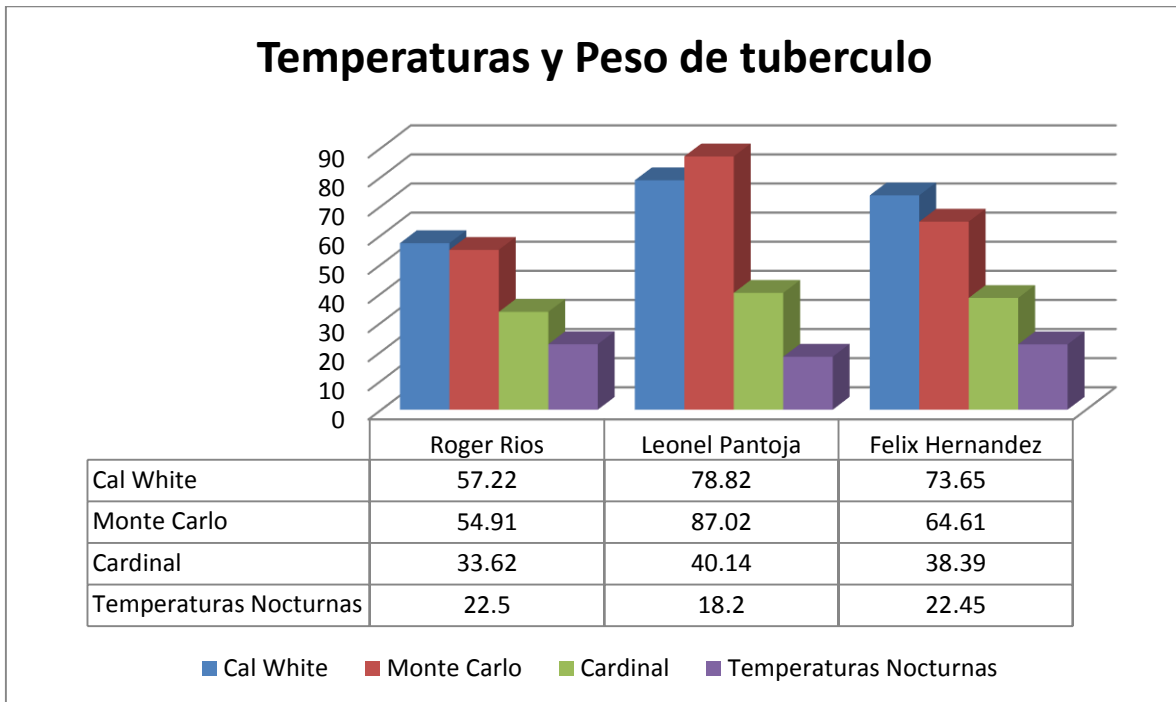
Adicionalmente a los objetivos del estudio, se realizó un análisis de relación entre las variables Temperaturas medias vs Peso de tubérculo en tres parcelas experimentales cercana a la zona de estudio, para conocer el efecto de ésta en los tubérculos. Se observa claramente la influencia de la temperatura sobre el crecimiento del tubérculo.

**Tabla 11. Temperaturas nocturnas promedios y pesos de tubérculos promedios**

Zona de producción/ Productor	Peso del tubérculo (gr)			Temperatura nocturna mínimas promedio (°C)
	Cal White	Monte Carlo	Cardinal	
<b>Abangasca Sur / Roger R.</b>	57.22	54.91	33.62	22.5
<b>Quezalguaque / Leonel Pantoja</b>	78.82	87.02	40.14	18.2
<b>Quezalguaque / Félix H.</b>	73.65	64.61	38.39	22.4

Fuente: Comparativos de variables del cultivo de papa en occidente. Parque tecnológico (UNI)

GRAFICA 2. Temperaturas nocturnas vs Peso del tubérculo



Al comparar las variables “Temperaturas nocturna promedio vs peso del tubérculo promedio” (Grafica 2.), se observa que a menor temperatura nocturna mayor peso de tubérculos siendo ambas variables directamente proporcional. Se observa el caso de las zona de Quezalguaque (Productor Leonel Pantoja) que obtuvo mayores pesos de tubérculos con una temperatura de 18.2 °C en relación con las zonas de Abangasca Sur y Quezalguaque (Productor Félix Hernández) que registraron temperaturas de 22.5 °C y 22.45 °C respectivamente. Se puede observar en estas últimas dos zonas mencionadas, que a pesar de tener similares temperaturas, los pesos de tubérculos variaron considerablemente, se asume que fue debido al manejo agronómico aplicado en las parcelas experimentales.

#### 4.4. DISEÑO AGRONÓMICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

En la siguiente tabla se muestran los resultados del diseño agronómico del sistema de riego por goteo empleado en el experimento.

**Tabla 12. Resultado del diseño agronómico del sistema de riego por goteo**

<b>RESULTADOS DEL DISEÑO AGRONÓMICO DE RIEGO POR GOTEO</b>	
<b>Aspectos del Riego</b>	
Evapotranspiración de Referencia (Eto)	6.22 mm/día
Evapotranspiración del Cultivo (Etc)	6.84 mm/ día
Necesidades Totales de Riego (Nt)	8.44 mm/día
Dosis diaria por planta (Dp)	5.21 lts/planta/día
Intensidad de Aplicación (Ia)	3.66 mm/hrs
Número de emisor por m <sup>2</sup>	2
Volumen del emisor	4.22 mm/emisor
Tiempo de Riego (Tr)	2.31hr
Norma neta del suelo (Nn)	321.59 mm
<b>Marco de Plantación</b>	
Separación entre Plantas	0.35 m
Separación entre surcos o hileras de Plantas	1.25 m
<b>Distribución de la Red según Marco de Plantación</b>	
Separación entre goteros sobre el Lateral	0.35 m
Separación del primer gotero en el Lateral	0.35 m
Número de goteros en cada Lateral	114
Número de Laterales en Tubería	20
Longitud de Tubería Conductora	26.25 m
Longitud de la tubería maestra	23.75 m
Longitud de Tubería Lateral	40 m

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos pertinentes se realizaron tomando datos de la estación meteorológica ubicada en LEON (AEROP.GODOY / LEON), los cuales fueron proporcionados por INETER para calcular la Evapotranspiración de Referencia (ETo) y así determinar la Evapotranspiración del Cultivo (ETc) y satisfacer sus necesidades hídricas. Siendo las necesidades de agua del cultivo de 5.21 lts/planta/día. (Ver ANEXO IV. Diseños de riego N° 1),

#### 4.5. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el cálculo del diseño hidráulico del sistema de riego por goteo empleado en el experimento.

Tabla 13. Resultado del Diseño hidráulico del sistema de riego por goteo

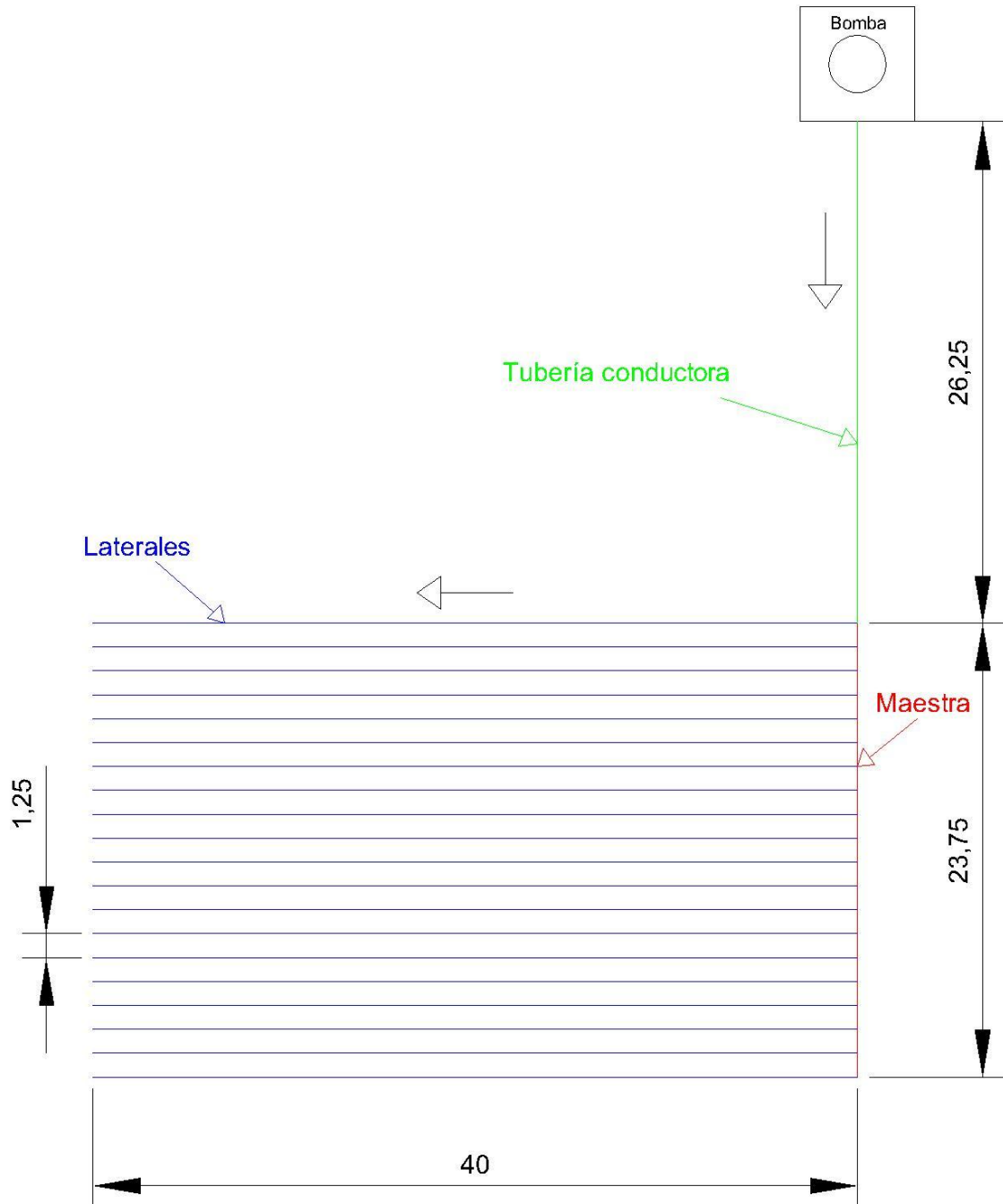
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO HIDRÁULICO DE RIEGO POR GOTEO</b>	
<b>Dimensiones de las Tuberías</b>	
<b>Lateral (PE)</b>	
Longitud	40 m
Diámetro	16 mm
<b>Conductora (PVC)</b>	
Longitud	26.25 m
Diámetro	1 ½" pulg
<b>Maestra (PVC)</b>	
Longitud	23.75 m
Diámetro	1 ½"
<b>Caudales en las Tuberías</b>	
Lateral	182.4 lph
Conductora	3648 lph
Maestra	3648 lph
<b>Régimen de Presiones</b>	
<b>Tubería lateral</b>	
Pérdida de Carga (hfl)	0.1594 m
Presión a la entrada (hl)	7.16 m
Presión Mínima (hn)	6.98 m
Diferencia de presión en la tubería ( $\Delta h$ )	0.18 m
<b>Tubería maestra</b>	
Pérdida de Carga (hfm)	0.2458 m
Presión a la entrada (hm)	7.35 m
Presión Mínima (hn)	7.09 m
Diferencia de presión en la tubería ( $\Delta h$ )	0.26 m
<b>Tubería Conductora</b>	
Pérdida de Carga (Hfc)	0.6536 m
Presión a la entrada (Hc)	7.83 m

Fuente: Elaboración propia.

Debido que el diseño de riego fue elaborado para un área pequeña, las pérdidas de presión eran mínimas (0.16 m en el lateral y 0.26 m en la maestra), la demanda de presiones y caudales; se lograron satisfacer con una moto bomba de 10 hp colocada a nivel del suelo, siendo la presión a la entrada de la conductora de 7.83 m (Ver ANEXO IV. Diseños de riego N°2).

#### 4.6. DISEÑO GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO PARA EL ÁREA EXPERIMENTAL

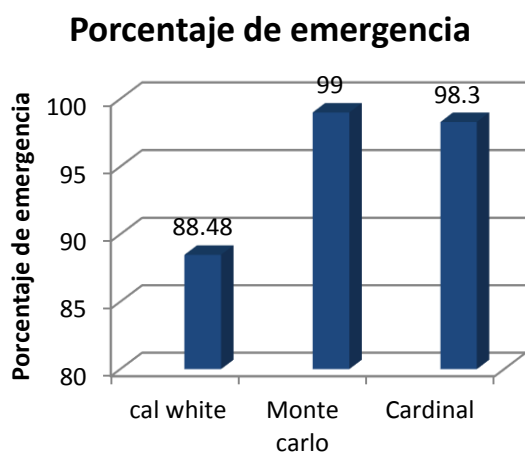
Figura. 9. Diseño geométrico del sistema de riego por goteo para el área experimental.



#### 4.7. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE CADA UNA DE LAS VARIABLES DE DESARROLLO ANALIZADAS

##### 4.7.1. Análisis de la variable “Porcentaje de emergencia”

GRAFICA 3. Porcentaje de emergencia

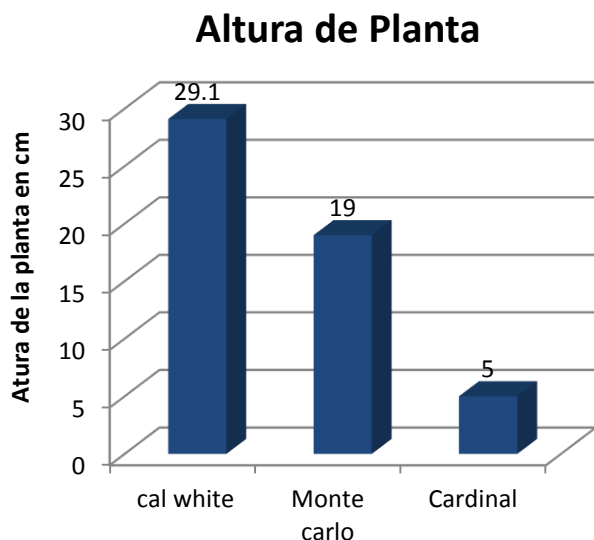


Al comparar los datos medios de la variable “Porcentaje de emergencia”, se observa que la variedad Monte Carlo y variedad Cardinal sobresalen con 98.3 y 99 % respectivamente, con relación a la variedad Cal White.

Esto se explica debido a la calidad de la semilla de Cal White, afectada por pudrición blanda y por el gusano alambre durante la siembra.

##### 4.7.2. Análisis de la variable “Altura de la planta” en cm a los 25 DDS

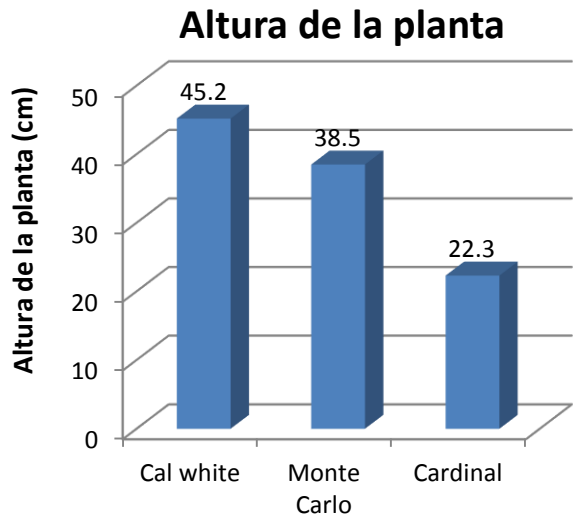
GRAFICA 4. Altura de la planta



Al comparar los datos medios de la variable “Altura de la planta” a los 25 DDS, se observa que la variedad Cal White sobresale con la mayor altura con 29.1cm, con relación a las otras dos variedades evaluadas. Se observa que una vez que afianzó la semilla, los brotes de la Cal White obtuvo una mejor respuesta y adaptación a las condiciones edafoclimáticas.

#### 4.7.3. Análisis de la variable “Altura de la planta” en cm a los 55 DDS

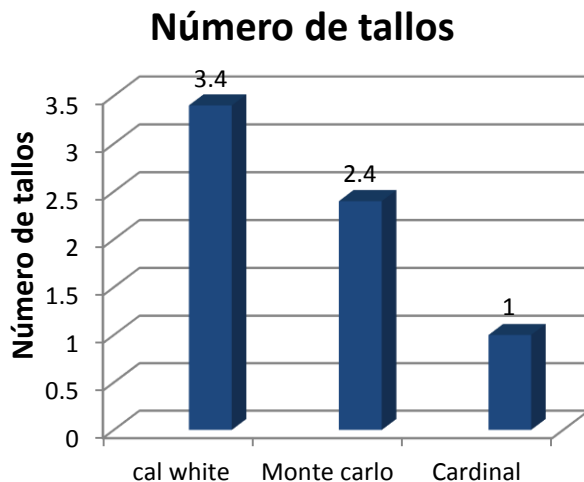
GRAFICA 5. Altura de la planta



Al comparar los datos medios de la variable “Altura de la planta” a los 55 DDS, se observa que la variedad Cal White sobresale con la mayor altura con 42.5, con relación a las otras dos variedades evaluadas.

#### 4.7.4. Análisis de la variable “Número de tallo” a los 25 DDS

GRAFICA 6. Número de tallos

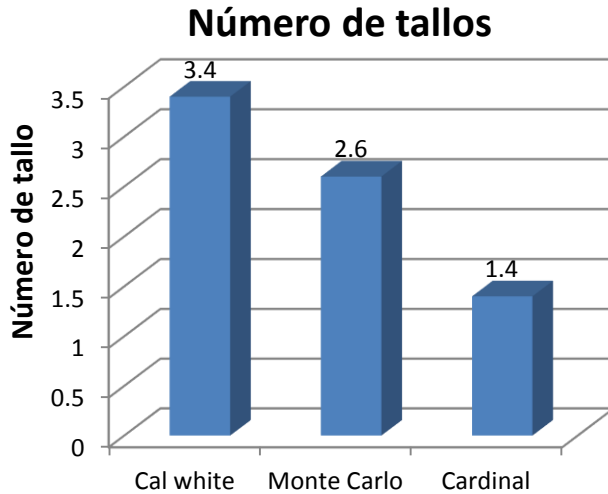


Al comparar los datos medios de la variable “Número de tallos” a los 25 DDS, se observa que la variedad Cal White sobresale con el mayor número de tallos con 3.4, con relación a las otras dos variedades evaluadas.



#### 4.7.5. Análisis de la variable “Número de tallo” a los 55 DDS

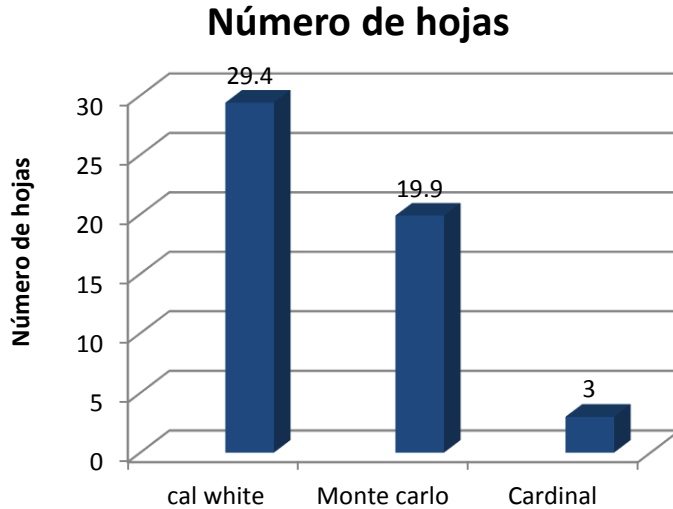
GRAFICA 7. Número de tallos



Al comparar los datos medios de la variable “Número de tallos” a los 55 DDS, se observa que la variedad Cal White sobresale con el mayor número de tallos con 3.4, con relación a las otras dos variedades evaluadas.

#### 4.7.6. Análisis de la variable “Número de hojas” a los 25 DDS

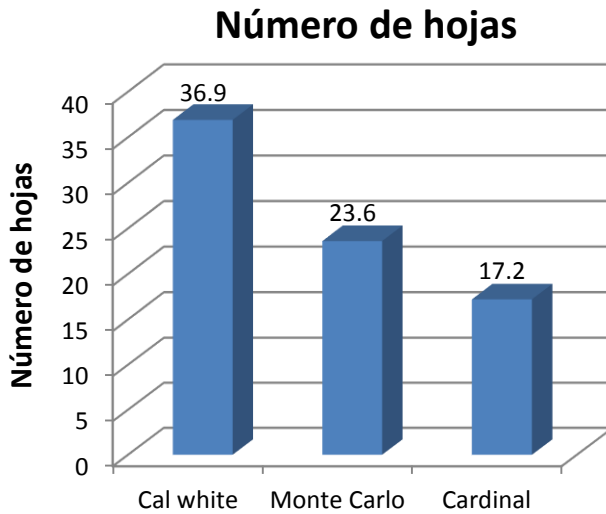
GRAFICA 8. Número de hojas



Al comparar los datos medios de la variable “Número de hojas” a los 25 DDS, se observa que la variedad Cal White sobresale con el mayor número de hojas con 29.4, con relación a las otras dos variedades evaluadas la Monte Carlo y Cardinal.

#### 4.7.7. Análisis de la variable “Número de hojas” a los 55 DDS

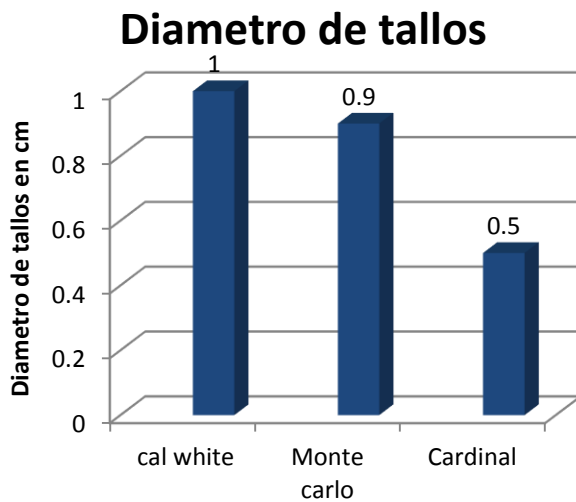
GRAFICA 9. Número de hojas



Al comparar los datos medios de la variable “Número de hojas” a los 55 DDS, se observa que la variedad Cal White sobresale con el mayor número de hojas con 36.9, con relación a las otras dos variedades evaluadas.

#### 4.7.8. Análisis de la variable “Diámetro del tallo” en cm a los 25 DDS

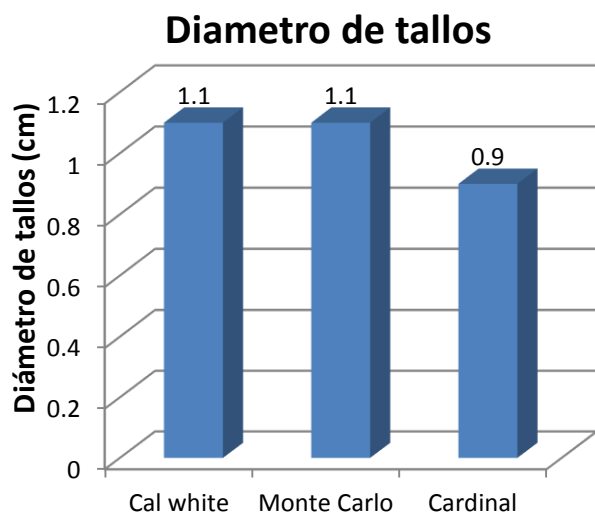
GRAFICA 10. Diámetro del tallo



Al comparar los datos medios de la variable “Diámetro de tallos” a los 25 DDS, se observa que la variedad Cal White y Monte Carlo sobresalen con 1 y 0.9 cm respectivamente, con relación a la variedad Cardinal.

#### 4.7.9. Análisis de la variable “Diámetro del tallo” en cm a los 55 DDS

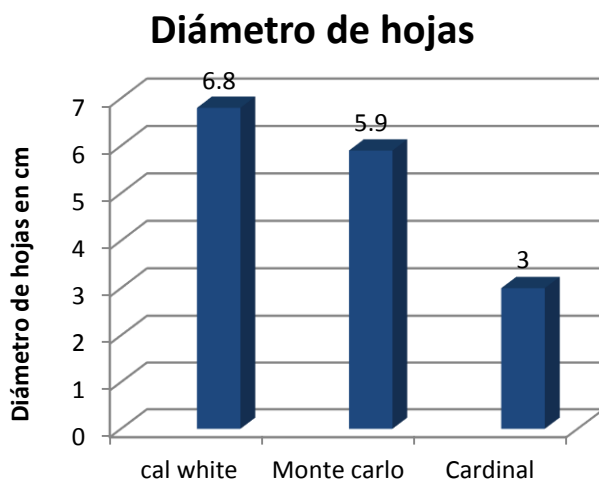
GRAFICA 11. Diámetro del tallo



Al comparar los datos medios de la variable “Diámetro del tallo” a los 55 DDS, se observa que las variedades Cal White, Monte Carlo y Cardinal se encuentran en similar desarrollo vegetativo, esto se debe a que las variedades Monte Carlo y Cardinal poseen la característica de tener tallos muy gruesos alcanzado así a la variedad Cal White en un corto lapso de tiempo.

#### 4.7.10. Análisis de la variable “Diámetro de hojas” en cm a los 25 DDS

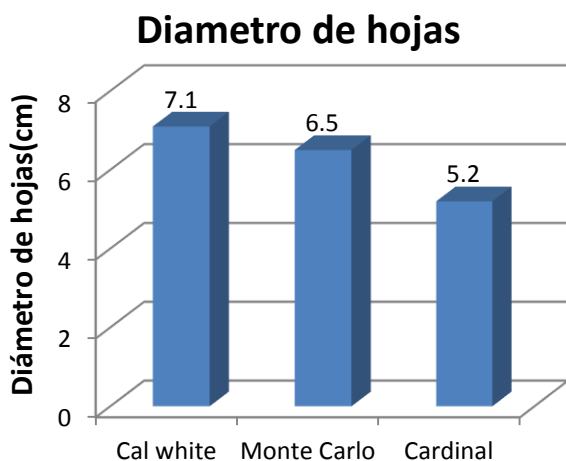
GRAFICA 12. Diámetro de hojas



Al comparar los datos medios de la variable “Diámetro de hojas” a los 25 DDS, se observa que la variedad Cal White y Monte Carlo sobresalen con 6.8 y 5.9 cm respectivamente, con relación a la variedad Cardinal.

#### 4.7.11. Análisis de la variable “Diámetro de hojas” en cm a los 55 DDS

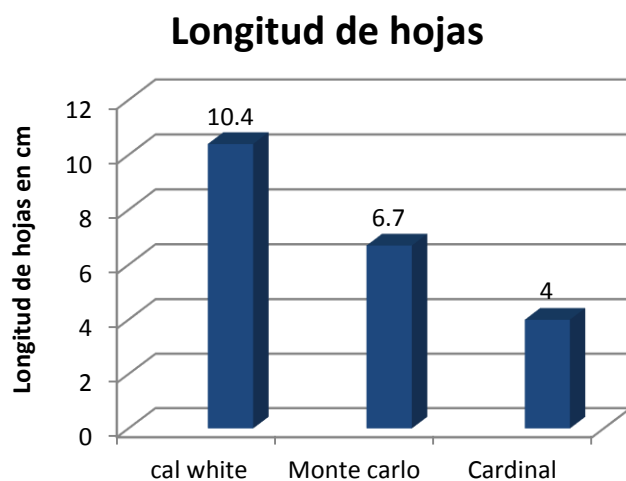
GRAFICA 13. Diámetro de hojas



Al comparar los datos medios de la variable “Diámetro de hojas” a los 55 DDS, se observa que la variedad Cal White y Monte Carlo sobresalen con 7.1 y 6.5 cm respectivamente, con relación a la variedad cardinal.

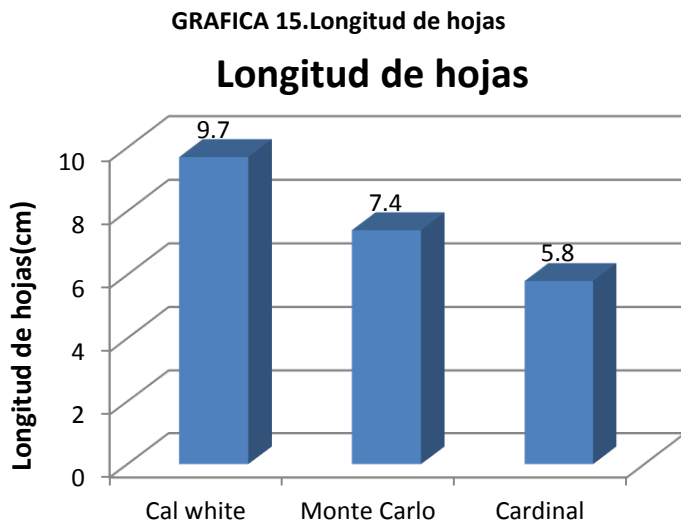
#### 4.7.12. Análisis de la variable “Longitud de hojas” en cm a los 25 DDS

GRAFICA 14. Longitud de hojas.



Al comparar los datos medios de la variable “Longitud de hojas” a los 25 DDS, se observa que la variedad Cal White sobresale con la mayor longitud de hojas con 10.4 cm, con relación a las otras dos variedades evaluadas

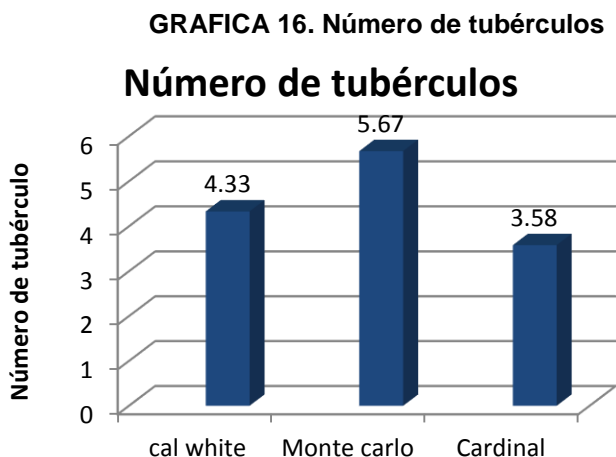
#### 4.7.13. Análisis de la variable “Longitud de hojas” en cm a los 55 DDS



Al comparar los datos medios de la variable “Longitud de hojas” a los 55 DDS, se observa que la variedad Cal White sobresale con la mayor longitud de hojas con 9.7, con relación a las otras dos variedades evaluadas

#### 4.8. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE CADA UNA DE LAS VARIABLES DE COSECHA ANALIZADAS

##### 4.8.1. Análisis de la variable “Número de tubérculos”

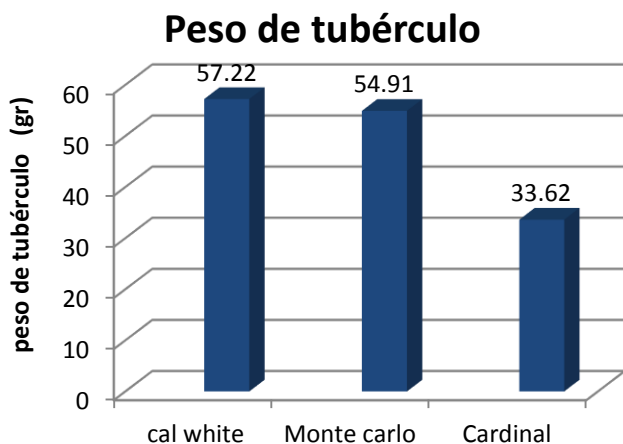


Al comparar los datos medios de la variable “Número de tubérculos”, se observa que la variedad Monte Carlo sobresale con el mayor número de tubérculo con 5.67, con relación a las otras dos variedades evaluadas. Asumimos que esto se debe a que la variedad Monte Carlo presentó mejor adaptación a

las temperaturas elevadas, ya que esto produce un aumento en la longitud de los estolones y del número de sus ramificaciones, esto favorece la iniciación de un mayor número de tubérculos, sin embargo va acompañado de un pequeño descenso en el rendimiento. (Menzel, Reynolds y Ewing in Ewing y Struik, 1992)

#### 4.8.2. Análisis de la variable “Peso de tubérculos” en gramos

GRAFICA 17. Peso de tubérculos

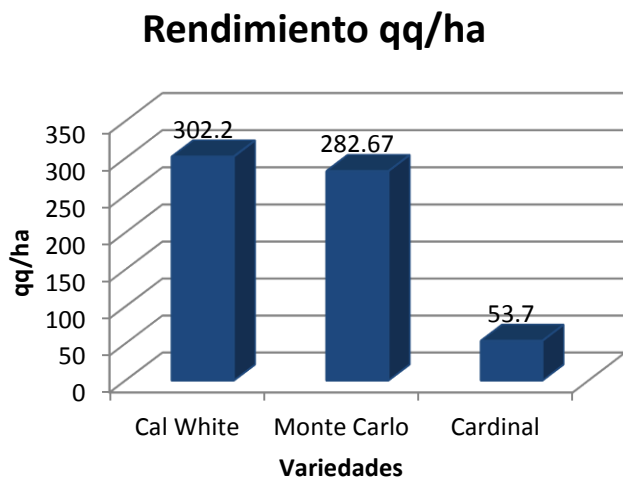


Al comparar los datos medios de la variable “peso de tubérculos”, se observa que la variedad Cal White y Monte Carlo sobresalen con 57.22 y 54.91 gr respectivamente, con relación a la variedad Cardinal. Como se observa en el análisis de la gráfica 16, Número de tubérculos, se puede decir que aunque la

variedad Monte Carlo produjo mayor número de tubérculos debido a las condiciones del ambiente y del manejo agronómico, acortó el llenado de tubérculos, por lo cual obtuvo menor peso de tubérculo y por ende tuvo afectaciones en el rendimiento.

#### 4.8.3. Análisis de la variable “Rendimiento” en qq/ha

GRAFICA 18. Rendimiento



Al comparar los datos medios de la variable “Rendimiento qq/ha”, se observa que las variedades Cal White y Monte Carlo sobresalen con mayor rendimiento 302.2 qq/ha y 282.67 qq/ha respectivamente con relación a la variedad Cardinal. Por lo que se acepta la hipótesis alternativa (HA), ya que al menos dos de las variedades evaluadas se adaptaron y dieron buenos rendimientos.

#### 4.9. PROMEDIO GLOBAL DE COMPARACIÓN DE MEDIAS

Tabla 14. Resultado de promedio global de comparación de medias de las variables analizadas

Variedades	Cal White	Monte Carlo	Cardinal
<b>Variables de desarrollo</b>			
<b>Porcentaje de emergencia</b>	88.48 (A)	99 (B)	98.3 (B)
<b>Altura de la planta (25 DDS) cm</b>	29.1 (SS)	19 (A)	5 (B)
<b>Altura de la planta (55 DDS) cm</b>	45.2 (SS)	38.5 (A)	22.3 (B)
<b>Número de tallos(25 DDS)</b>	3.4 (SS)	2.4 (A)	1 (B)
<b>Numero de tallo(55 DDS)</b>	3.4 (SS)	2.6 (A)	1.4 (B)
<b>Número de hojas (25 DDS)</b>	29.4 (SS)	19.9 (A)	3 (B)
<b>Numero de hojas (55 DDS)</b>	36.9 (SS)	23.6 (A)	17.2 (B)
<b>Diámetro del tallo (25 DDS) cm</b>	1 (A)	0.9 (A)	0.5 (B)
<b>Diámetro de tallos (55 DDS) cm</b>	1.1 (A)	1.1 (A)	0.9 (A)
<b>Diámetro de la hoja (25 DDS) cm</b>	6.8 (A)	5.9 (A)	3 (B)
<b>Diámetro de hojas (55 DDS) cm</b>	7.1 (A)	6.5 (A)	5.2 (B)
<b>Longitud de la hoja (25 DDS) cm</b>	10.4 (SS)	6.7 (A)	4 (B)
<b>Longitud de la hoja (55 DDS) cm</b>	9.7 (SS)	7.4 (A)	5.8 (B)
<b>Variables de cosecha</b>			
<b>Numero de tubérculos</b>	4.33 (A)	5.67 (SS)	3.58 (B)
<b>Peso del tubérculo gr</b>	57.22 (A)	54.91 (A)	33.62 (B)
<b>Rendimiento qq/mz</b>	302.2 (A)	282.67 (A)	37.9 (B)

Medias con una letra en común tienen similar desarrollo, SS: sobresale respecto a las demás variedades.

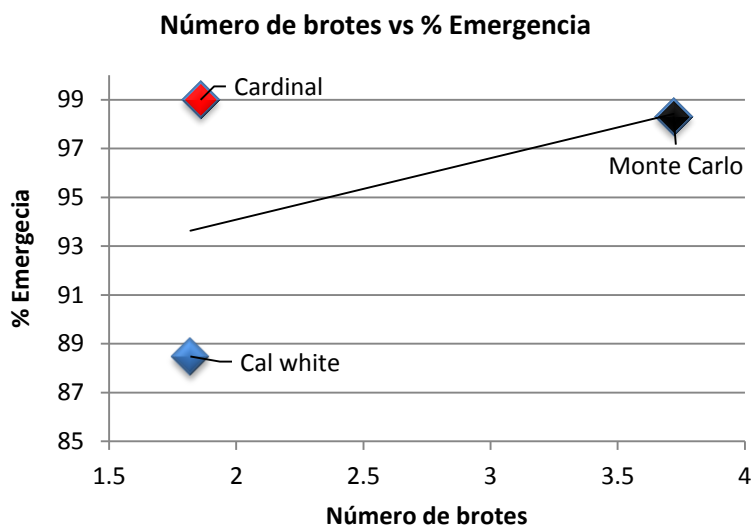
Fuente: Propia a partir de datos obtenidos en el ensayo.

Según los resultados obtenidos en la tabla N<sup>o</sup>14., resume los valores obtenidos en cada variable, a partir de la comparación de medias, la variedad que presentó mejores resultados en cuanto variable de desarrollo y cosecha fue la variedad Cal White, obteniendo mayor resultado en una de las variables principales como es el rendimiento de 302.2 qq/ ha, seguida por la variedad Monte Carlo con 282.67 qq/ha.

## 4.10. ANÁLISIS A TRAVÉS DE GRÁFICOS DE DISPERSIÓN DE RELACIÓN ENTRE VARIABLES

### 4.10.1. Análisis de las variable “Número de brotes vs Porcentaje de emergencia”

GRAFICA 19. Número de brotes vs Porcentaje de emergencia

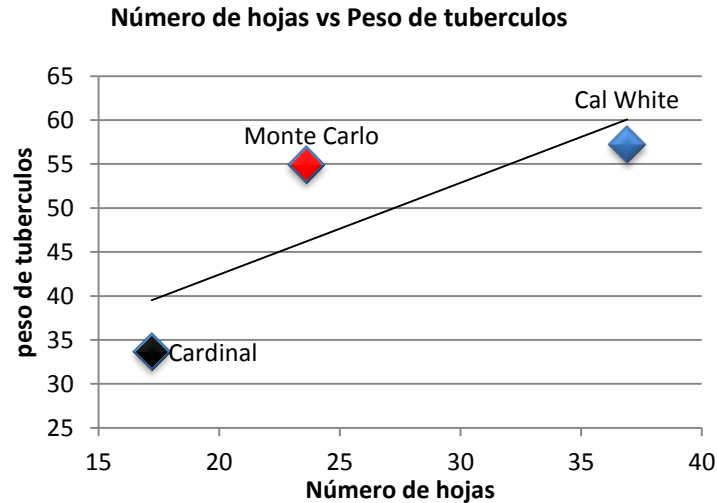


Al comparar las variables “número de brotes vs porcentaje de emergencia”, se observa que a mayor número de brotes mayor porcentaje de emergencia siendo ambas variables directamente proporcionales, ya que el retraso en la emergencia de brotes es una respuesta de los tubérculos al estrés hídrico, que puede ser provocado por las sales que se producen al interior de este órgano vegetal u otros factores fisiológicos y climatológicos. Una vez que el tubérculo es capaz de adecuarse al estrés, incentiva sus procesos metabólicos y uso de sustancias de reserva para promover emergencia de brotes, lo que según Strogonov (1964) y Ashraf (1983) está relacionado con condiciones hídricas del substrato que favorecen el crecimiento tales como el riego.



#### 4.10.2. Análisis de las variable “Número de hojas vs Peso de tubérculo”

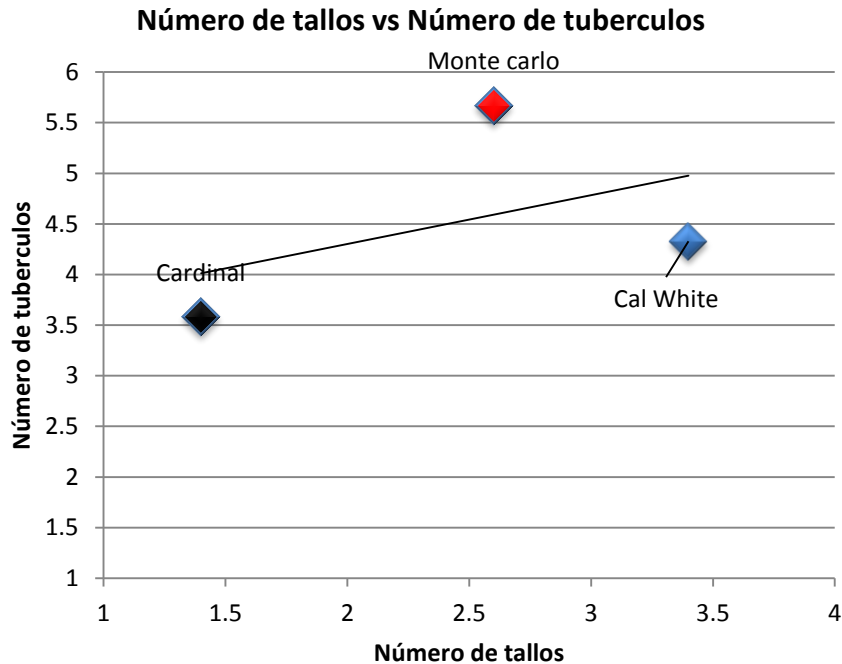
GRAFICA 20. Número de hojas vs Peso de tubérculos



Al comparar la variable “número de hojas vs peso de tubérculos” se observa que a mayor número de hojas, mayor es el peso del tubérculo siendo ambas variable directamente proporcional, según Ing. Agr. R. Bergonzi, 2005; las hojas verdes poseen la habilidad de convertir a la energía solar en energía química a través del proceso de la fotosíntesis. Las hojas producen y acumulan carbohidratos durante el día, los cuales son movidos a las raíces, las hojas inmaduras y a los tubérculos a medida que se necesita. Cuanto más tiempo las hojas permanezcan fotosintéticamente activas más alto será el potencial de rendimiento del tubérculo y el peso específico. Por lo tanto, cultivos con mayor IAF (índice de área foliar) tienen una tasa de crecimiento potencial mayor en los tubérculos que cultivos con menor índice de área foliar (IAF).

#### 4.10.3. Análisis de las variables “Número de tallos vs Número de tubérculos”

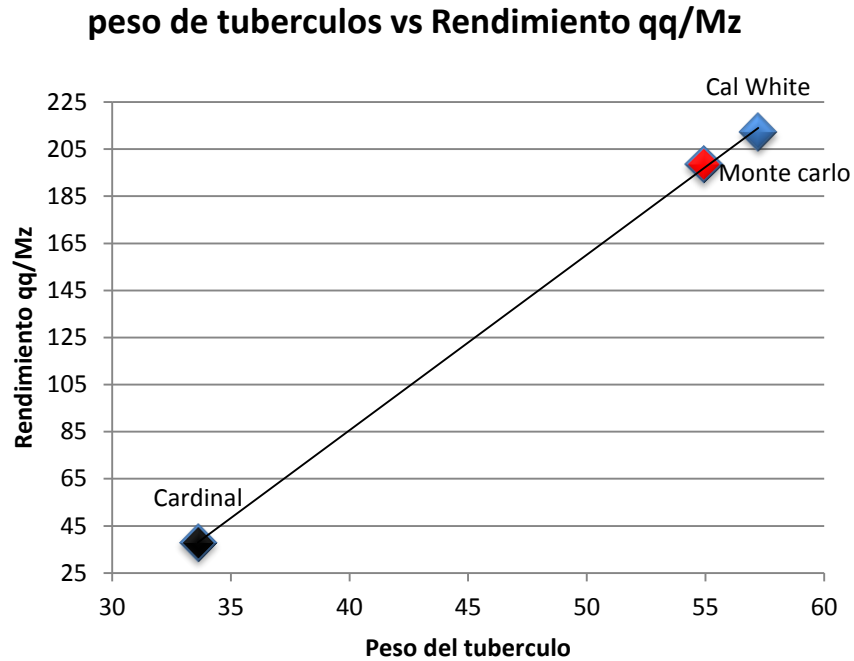
GRAFICA 21. Número de tallos vs Número de tubérculos



Al comparar las variables “número de tallos vs número de tubérculos” se observa que a mayor número de tallos mayor número de tubérculos siendo ambas variables directamente proporcionales. Durante la etapa de tuberización se puede formar un gran número de tubérculos, siendo generalmente dos a cuatro por cada tallo, los que logran un tamaño comercial. Las temperaturas a mínimas nocturnas no deben ser mayores de 18°C, si existiese lo contrario, el peso del tubérculo y potencial de rendimiento será afectado por una ampliación del periodo vegetativo.

#### 4.10.4. Análisis de las variable “peso de tubérculos vs Rendimiento”

GRAFICA 22.Rendimiento vs Peso de tubérculos



Al comparar las variables “peso de tubérculos vs Rendimiento” se observa que a mayor peso de tubérculo mayor rendimiento siendo ambas variables directamente proporcionales.

#### 4.11. COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PAPA

A continuación se presentan los costos que conlleva producir una hectárea de cultivo de papa en la zona de estudio Abangasca Sur, León.

##### 4.11.1. Costos del sistema de riego para una hectárea

En la tabla nº 15., se muestran los costos del sistema de riego por goteo proyectados a una hectárea, en donde se calculó la depreciación por temporadas de uso de los activos fijos, la cual se utilizara para calcular los costos que conlleva producir una hectárea de papa en la zona de estudio. (Ver ANEXOS I. FIGURAS. Fig. 1.)

Tabla 15. Costos del sistema de riego para una hectárea

Actividad	Cantidad	U. M.	Costo Unit U\$	Cantida d Ha U\$	Nº temporadas en uso	Depreciación
Riego				2,898.35		618.96
<b>Equipo de bombeo + componentes</b>	1	unidad	1500	1500	5	300
<b>Adaptador hembra PVC 1 1/2"</b>	4	unidad	0.5	2	5	0.4
<b>Adaptador macho de 1 1/2"</b>	8	unidad	0.75	6	5	1.2
<b>Adaptador macho de 1"</b>	2	unidad	0.5	1	5	0.2
<b>Codos lisos de 1 1/2" x 45</b>	4	unidad	1.15	4.6	5	0.92
<b>Codos lisos de 1 1/2" x 90</b>	9	unidad	1.15	10.35	5	2.07
<b>Conector PVC x 16 mm + empaque</b>	196	unidad	0.3	58.8	5	11.76
<b>Conector PVC x cinta</b>	196	unidad	0.3	58.8	5	11.76
<b>Filtro de malla 2"</b>	1	unidad	60	60	5	12

<b>Manómetro de glicerina de 100 PSI</b>	1	unidad	25	25	5	5
<b>Metros de manguera de polietileno</b>	196	unidad	0.25	49	5	9.8
<b>Reductor de 1 1/2" a 1"</b>	2	unidad	0.75	1.5	5	0.3
<b>Reductor de 2"-1 1/2"</b>	1	unidad	1	1	5	0.2
<b>Rollo de cinta de goteo SAB 2,200 m/1 lph/8mil/10cm</b>	5	rollo	185	925	5	185
<b>Tapones macho PVC 1 1/2"</b>	4	unidad	1.7	6.8	5	1.36
<b>Tee lisa de 1 1/2"</b>	5	unidad	1.1	5.5	5	1.1
<b>Tubo PVC SDR 41 de 2"</b>	1	unidad	8.5	8.5	5	1.7
<b>Tubos de PVC SDR 41 de 1 1/2"</b>	12	unidad	6.9	82.8	5	16.56
<b>Válvula de aire de 1"</b>	3	unidad	15	45	5	9
<b>Válvula de globo de 2"</b>	1	unidad	9.34	9.34	5	1.868
<b>Válvulas de globo de 1 1/2"</b>	4	unidad	8	32	5	6.4
<b>pegamento de 1/4 gal</b>	2	unidad	10.18	20.36		20.36
<b>M/O instalación</b>	4	D/H	5	20		20

Fuente: Elaboración propia

#### 4.11.2. Costos de producción para una hectárea del cultivo de papa

La tabla nº 16., consiste en los costos de producción del cultivo de papa proyectados para una hectárea del cultivo en zona cálida y que fue realizada con los costos reales incurridos en el trabajo de campo.

Tabla 16. Costos de producción de papa en zonas de clima cálido

Actividad	Cantidad	U. M.	Costo Unit U\$	Cantidad Mz U\$
<b>Alquiler del terreno</b>	1	ha	284	<b>284</b>
<b>Preparación de suelo</b>				<b>186.2</b>
Arado	1	ha	93.8	93.8
Grada	1	ha	46.2	46.2
Surqueado	1	ha	46.2	46.2
<b>Siembra</b>				<b>2714.29</b>
Tubérculos semillas	35.00	QQ	70	2450
Agrimicin tratamiento a la semilla en la siembra	1500.00	g	0.10	142.8
Insecticida para plaga de suelo	30.00	Kg	1.08	32.45
Mano de obra de sembradores	12.00	D/h	7.42	89.04
<b>Control de maleza</b>				<b>179.43</b>
herbicida (Sencor 480 SC 0.6-1.4 lts/ha)	800	Kg	0.11	89.27
Aplicación de herbicida	1	ha	30.8	30.8
Control de maleza manual	8	D/h	7.42	59.36
<b>Control de plagas</b>				<b>1,439.62</b>
Cipermetrina	1.75	lts	11.20	19.6
Evisect 50 PS	2	kg	61.6	123.2
Insecticida confidor	500	g	0.45	224
Insecticida abamectina	1.5	litro	70	105
Insecticida Rescate	1000	g	0.81	812
Mo Fumigación	14	D/H	7.42	103.88
MO Muestreo de plagas	7	D/H	7.42	51.94

Fuente: Elaboración propia

Valor de 1 dólar= 26.4 córdobas

Tabla 16. Costos de producción de papa en zonas de clima cálido

Actividad	Cantidad	U. M.	Costo Unit U\$	Cantidad Mz U\$
<b>Control de enfermedades</b>				<b>374.56</b>
Fungicida Ekuation propie	1200	g	0.18	210
Curzate (Mancozeb + cimoxanil)	3	Kg	39.45	118.36
Fungicida Knigh (Clorotalonil )	3	litro	15.4	46.2
<b>Fertilización</b>				<b>947.5</b>
Urea	5	QQ	40.77	203.8
18-46-0	3	QQ	49.49	148.47
KCL	4	QQ	49.49	197.96
Nitrato de calcio	1.5	QQ	63	94.5
Sulfato de magnesio	1.5	QQ	49	73.5
Metalosate de K	3	lts	27.69	83.07
Folicat Calcio (20-20-20) Magn. Calc, br	3	kg	4.20	12.6
MO fertilizador	6	D/h	7.42	44.52
MO aporcado	12	D/h	7.42	89.04
<b>Cosecha</b>				<b>35.00</b>
MO supervisor de cosecha	3	D/H	7	21
MO Corteros/Tarea Toneladas	32	D/H	7.42	14
<b>Seguimiento</b>				<b>134.4</b>
Asistencia técnica	12	Vistas	11.2	134.4
<b>Riego</b>				<b>618.96</b>
<b>Costo /Hectárea</b>				<b>7027.57</b>

Fuente: Elaboración propia

Valor de 1 dólar= 26.4 córdobas

La tabla anterior muestra los costos por rubro, siendo el de mayor costo el de la Siembra con U\$ 2714.29, seguido de los costos por control de plagas con U\$ 1,439.62 y la fertilización con U\$ 947.5. Se observa además los costos del sistema de riego con U\$ 618.96 el resultado de la cantidad de depreciación de posibles cantidad de temporadas que se utilizara el activo.

#### 4.11.3. Ingresos por una hectárea del cultivo de papa.

La Tabla N° 17 presenta los ingresos obtenidos que es la relación entre la producción obtenida por el precio en el mercado local en el mes de Abril de 2014 tomando la variedad Cal White que obtuvo el mejor rendimiento (302.17 qq/ha) con respecto a la variedad Monte Carlo y Cardinal.

**Tabla 17. Ingreso de la variedad Cal White para una hectárea sembrada**

variedad	Rendimiento qq/ha	Precio U\$/qq	Ingreso U\$
<b>Cal White</b>	302.17	30.3	9155.75

Fuente: Elaboración propia

#### 4.11.4. Utilidades por hectárea del cultivo de papa.

**Tabla 18. Utilidades por Hectárea del cultivo de la papa**

variedad	Ingreso U\$	Costos U\$	Utilidades U\$
<b>Cal White</b>	9155.75	7027.57	2128.18

Fuente: Elaboración propia

En la tabla n° 18., se muestran los resultados de las utilidades obtenidas tomando la variedad Cal White que obtuvo el mejor rendimiento (302.17 qq/ha) con respecto a la variedad Monte Carlo y Cardinal. Los ingresos que es la relación entre la producción obtenida por el precio en el mercado local en el mes de Abril de 2014, comparado con los costos en los que se incurrieron (laboreo, riego, insumos y mano de obra), nos brinda las utilidades las cuales alcanzan resultados favorables en relación a los rendimientos obtenidos por la media nacional de pequeños productores de papa en la zona Norte con 220 qq/ha que corresponden a 10 ton/ha, según FUNICA.



# **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. CONCLUSIONES

1. El análisis físico químico del suelo en la zona de estudio comunidad de Abangasca Sur, mostró que es un suelo apto para el óptimo desarrollo del cultivo, con textura franco arenoso, pH de 5.14, con un contenido de materia orgánica del 3%, características que favorecen la disponibilidad de los nutrientes a las plantas
2. Las temperaturas nocturnas mínimas promedios fueron de 22.5 °C en el área de estudio permitiendo que el crecimiento de área foliar y el desarrollo del fruto fuera óptimo.
3. El sistema de riego por goteo utilizado fue de acuerdo a las necesidades de agua del cultivo con 5.21 lts/planta/día en un tiempo aproximado de 2.31 h/día, evitando indirectamente afectación en proceso de tuberización y producción del cultivo.
4. Los resultados del análisis de las variables de desarrollo vegetativo y de cosecha mostraron que la variedad Cal White presentó mejores rendimientos y un mayor grado de adaptabilidad a las condiciones climatológicas de la zona, en comparación con las variedades Monte Carlo y Cardinal; el rendimiento de la variedad Cal White fue de 302.17 qq/ha y 282.67 qq/ha, para la variedad Monte Carlo.
5. Los costos de producción fueron de U\$ 7027.57 dólares/ha, tomando como referencia a la variedad Cal White, se obtuvo utilidades de U\$ 2128.18, concluyendo que este proyecto es rentable en la zona de estudio, debido que los rendimientos obtenidos sobrepasan a los registrados por la media nacional de FUNICA para pequeños productores de papa de la zona norte.

## 5.2. RECOMENDACIONES

1. Para futuro establecimiento de cultivo de la papa en la zona, será necesario realizar una buena preparación de suelo garantizando una buena cama de siembra, una profundidad de 30 cm aproximadamente, debido a las exigencias del cultivo. Depositando los tubérculos-semilla en el fondo del surco para evitar que el tubérculo semilla sea expuesto a los rayos solares.
2. Utilizar semillas de buena calidad de la variedad Cal White, que garantice estar libre de plagas y enfermedades preferiblemente certificada.
3. Establecer el cultivo en las primeras dos semanas de noviembre para favorecer la floración con temperaturas nocturnas de 20-22° C.
4. Para grandes áreas de siembra, reducir el marco de plantación para maximizar el uso del suelo y aumentar la producción, así como levantar con anticipación cortinas rompe vientos para evitar daños al follaje del cultivo.
5. Realizar más ensayos de adaptabilidad de la variedad Cal White y Monte Carlo en otras zonas del departamento, a fin de obtener mayor información que confirme la adaptabilidad y rentabilidad del cultivo a las condiciones edafoclimáticas de la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aldabe, I. A. (Marzo,2011). *Bases Fisiológicas del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas Tomate (Lycopersicum sculentum), Papa (Solanun tuberosum) y Cebolla (Allium cepa).*
2. Alvim, D. p. (s.f.). *Fisiología de la producción y utilización de la papa.*
3. Bergonzi, I. A. (2005). *Importancia del peso específico de la papa en la industria procesadora.* Recuperado el 15 de JULIO de 2014, de <http://www.argenpapa.com.ar/>: [http://www.argenpapa.com.ar/+](http://www.argenpapa.com.ar/)
4. Bergonzi, I. A. (s.f.). *Importancia del peso específico de la papa en la industria procesadora.* Mc Cain Argentina.
5. Borjas, I. J. (2010). *GUIA PARA EL MANEJO Y PRODUCCION DE PAPA Solanum tuberosum EN LA PARTE ALTA DEL DEPARTAMENTO DE OCOTEPEQUE.* SAN MARCOS DE OCOTEPEQUE.
6. Castro, I. y. (2011). *Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa.* Valdivia, Chile: Imprenta Austral.
7. (1999). *Diagnostico rural participativo de la comunidad Abangasca Sur.*
8. ECROMA. (s.f.). Recuperado el 20 de Diciembre de 2013, de <http://www.ecroma.com/>
9. Edgar Sánchez-Bernal, M. O.-E.-H.-E.-S. (sep. 2008). *Crecimiento de plantas de papa (Solanum tuberosum L.) Cv. Alpha, inducido por diversas soluciones salinas.* Caracas: INCI v.33 n.9.
10. FUNICA. (Marzo 2007). *Análisis de la Cadena subsectorial de la papa consumo.*
11. INTA. (2004). *GUÍA MIP EN EL CULTIVO DE LA PAPA.* Managua: 1ra. Edición.
12. MAG. (2007). *CARACTERIZACIÓN DE LA AGROCADENA DE PAPA.* Cartago, Costa rica.
13. MARCKO THEODORACOPOULOS, S. A. (Septiembre 2008). *Manual de producción,Producción de papa.* Honduras.
14. MINISTERIO DE LA AGRICULTURA. (2008). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS CULTIVO DE PAPA.* Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas.
15. P.G., A. (1972). *Chemical weed control in potatoes.* Agricultural rechearch institute: Chipre.

16. R. Trabanino, D. M. (1998). *Guía para el manejo integrado de plagas invertebradas en Honduras*. Honduras: Ed Zamorano Academic press.Honduras.
17. RJ., S. (1972). *The place of herbicides in the potato*. European potato journal.
18. sierra, B., Santos R., J., & Kalazich B., J. (2002). *Manual Fertilizantes del cultivo de la papa en la zona sur de Chile*. Santiago: Chile.
19. *euroresidentes*. (s.f.). Recuperado el 10 de Abril de 2014, de Jardineria. Sitemas de riego por goteo: [www.euroresidentes.com](http://www.euroresidentes.com)
20. <http://www.ecured.cu>. (s.f.). Recuperado el 6 de 07 de 2014, de [http://www.ecured.cu/index.php/Materia\\_org%C3%A1nica](http://www.ecured.cu/index.php/Materia_org%C3%A1nica)
21. <http://www.minag.gob.pe>. (s.f.). Recuperado el 7 de 06 de 2014, de <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/papa?limitstart=0>
22. <http://www.uhu.es/gem/docencia/fisica-cca/teoria.php>. (s.f.). Recuperado el 05 de 06 de 2014
23. *INFOJARDIN*. (2014). Obtenido de INFOJARDIN web site: [articulos.infojardin.com/PLAGAS\\_Y\\_ENF/.../Mosca\\_blanca.htm](http://articulos.infojardin.com/PLAGAS_Y_ENF/.../Mosca_blanca.htm)
24. *Vulnerabilidad de las reservas de carbono en el suelo debido al aumento de las temperaturas*. (8 de Septiembre de 2014). Recuperado el 15 de Septiembre de 2014, de La Mama Pacha: <http://lamamapachama.com/page/4/>

# ANEXOS

## ANEXOS I. FIGURAS

Figura. 1. Diseño geométrico del sistema de riego para una hectárea

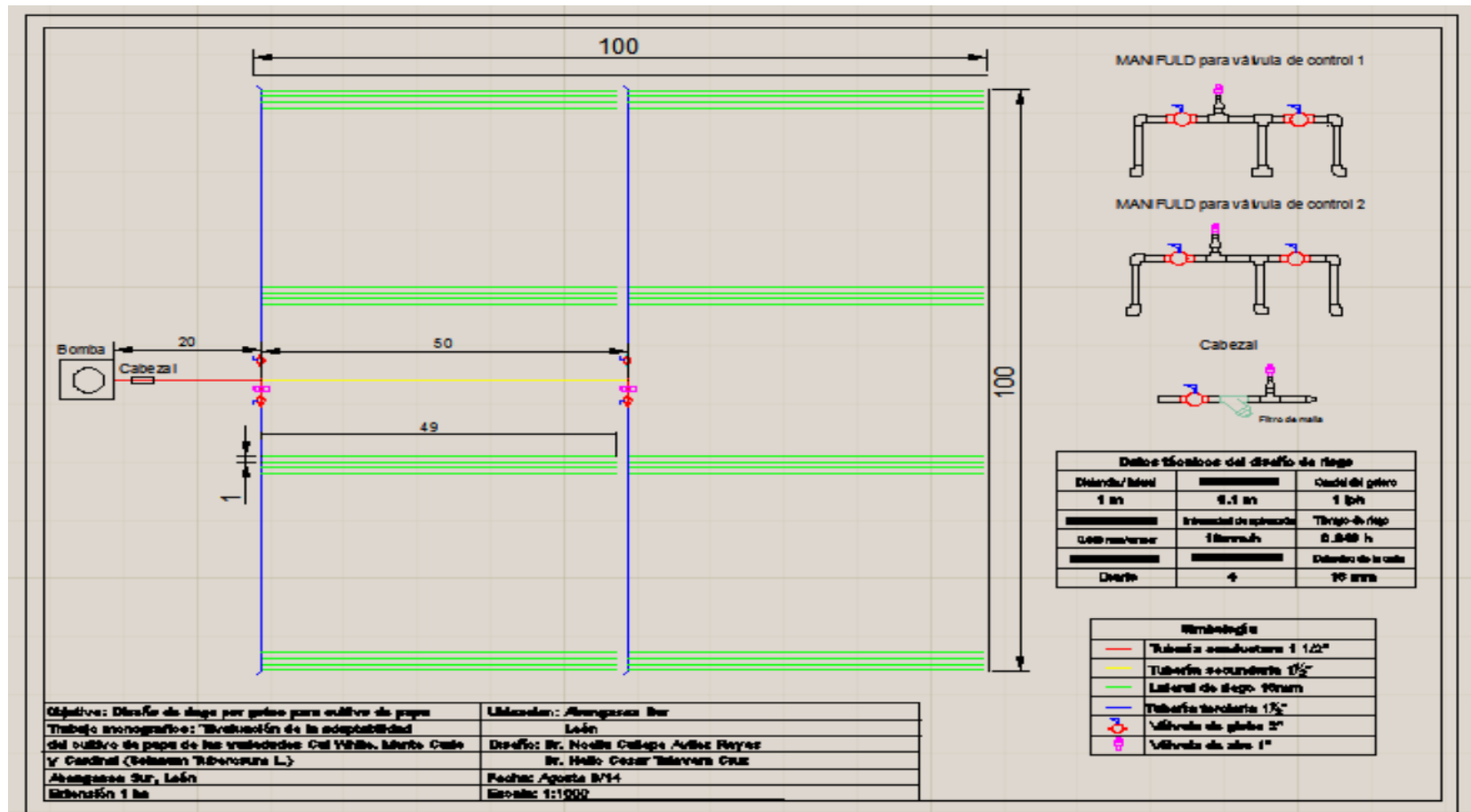




Figura. 2. Cultivo de la papa

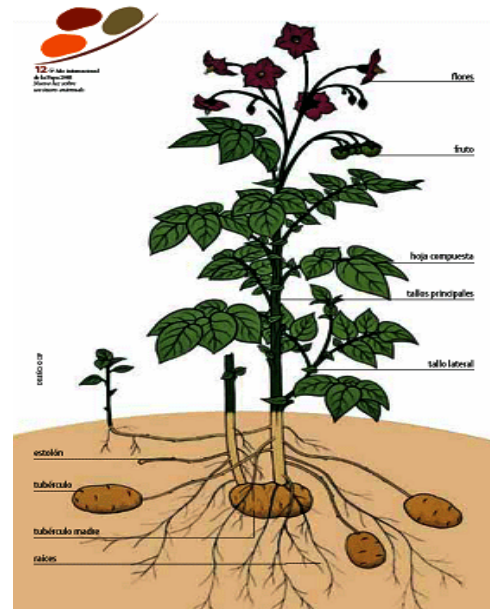


Figura 3. Morfología del cultivo de papa



Figura 4. Etapas fenológicas del cultivo de papa

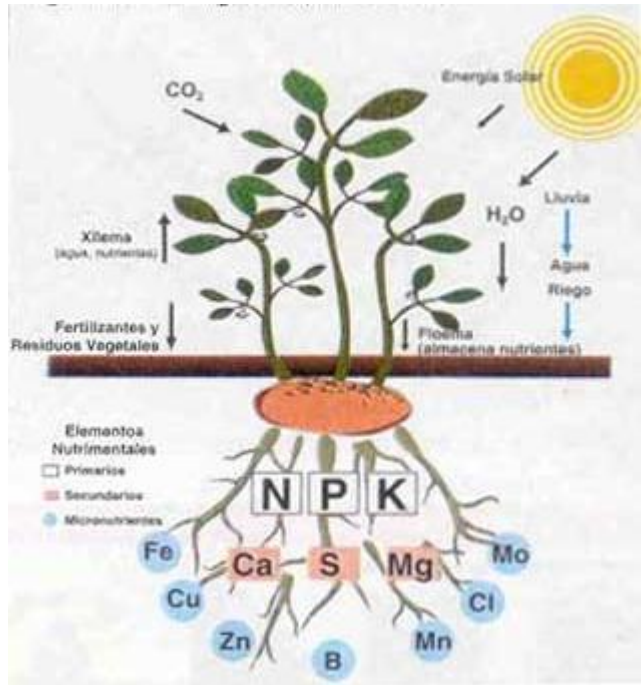


Figura 5. Requerimientos nutricionales de la papa

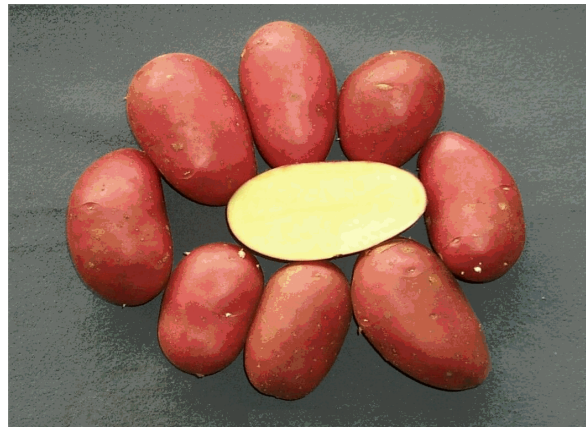


Figura 6. Variedad Cardinal

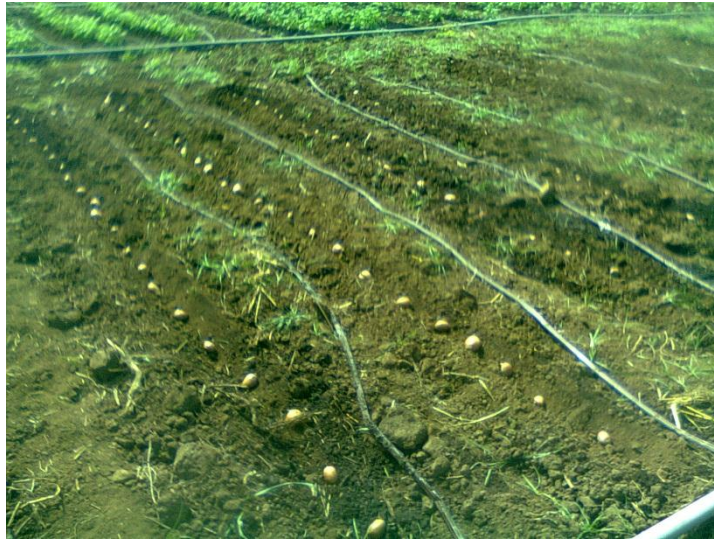




**Figura 7. Variedad Cal White**



**Figura 8. Variedad Monte Carlo**



**Figura 9. Siembra de semilla de Papa**



**Figura 10. Pulgones de la Papa**



**Figura 11. Polilla de la papa (*P. operculella*)**



**Figura 12. Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*)**



Figura 13. Langostino de la papa (*E. curveola*)



Figura 14. Gusanos cortadores (*A. bilitura*)



Figura 15. Gusanos alambre (*Aeolus sp.*)



Figura 16. Gallina ciega (*Phyllophaga sp*)



**Figura 17. Enfermedades causadas por hongos. Tizón Tardío, Tizón Temprano, Rhizoctonia, Roña polvosa y Pudrición seca de los tubérculos. Respectivamente**



**Figura 18. Enfermedades causadas por bacterias. Marchitez bacterial y Pie Negro. Respectivamente**

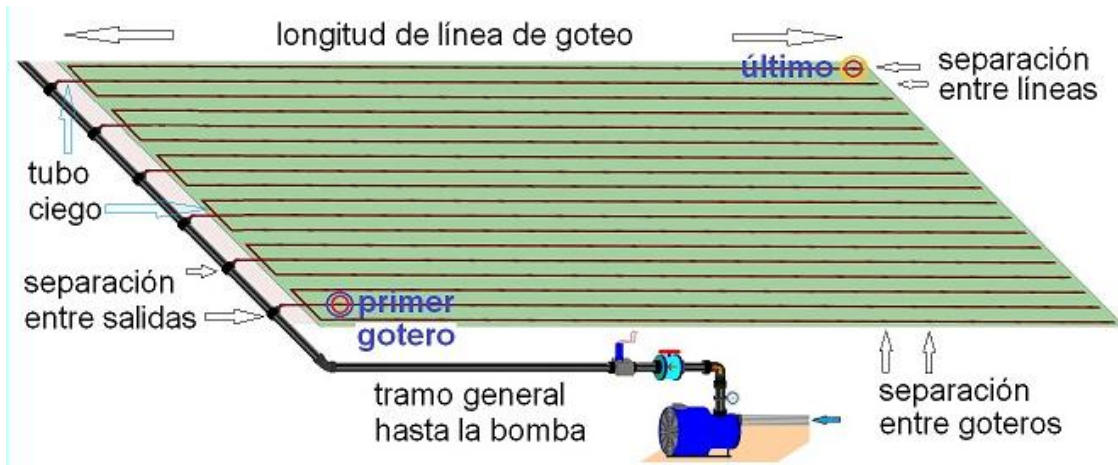


Figura 19. Vista general del Sistema de Riego por Goteo

## ANEXOS II. TABLAS

**Anexo Tabla 1. Evaluación de capacidad de campo**

Capacidad de campo % de volumen	Evaluación
<20	Baja
20 - 40	Media
40 - 55	Alta
>55	Muy alta

Fuente: Clasificación utilizada por el laboratorio de Edafología (UNI)

**Anexo Tabla 2. Evaluación de Punto de marchitez permanente**

Punto de marchitez permanente %	Calificación
<9.2	Baja
9.2 – 24.5	Media
24.5 – 45.8	Alta
>45.8	Muy alta

Fuente: Clasificación utilizada por el laboratorio de Edafología (UNI)

**Anexo Tabla 3. Evaluación de Densidad aparente del suelo**

Evaluación	Gr/cm <sup>3</sup>
Muy baja	< 1.0
Baja	1.0 – 1.2
Media	1.2 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy alta	> 1.60

Fuente: Clasificación utilizada por el laboratorio de Edafología (UNI)

**Anexo Tabla 4. Evaluación de densidad real del suelo**

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

Fuente: Clasificación utilizada por el laboratorio de Edafología (UNI)

**Anexo Tabla 5. Evaluación de la Densidad real y su relación con la composición del suelo.**

Densidad real	Composición del suelo
2.35 gr/cm <sup>3</sup>	Suelo con mucha materia orgánica
2.68 gr/cm <sup>3</sup>	Suelo representativo de minerales como los silicatos y cuarzo, nivel normal de MO
2.85 gr/cm <sup>3</sup>	Suelo con minerales donde se ha acumulado cierta cantidad de hierro y aluminio.
2.96 gr/cm <sup>3</sup>	Suelo con un grado de desarrollo avanzado donde hay predominio de hierro y aluminio y muy poca materia orgánica.

Fuente: Clasificación utilizada por el laboratorio de Edafología (UNI)

**Anexo Tabla 6. Evaluación de la porosidad del suelo.**

Evaluación de porosidad total	Porcentaje%
Muy alta	>65
Alta	55 – 65
Media	45 – 55
Baja	40 – 45
Muy baja	< 40

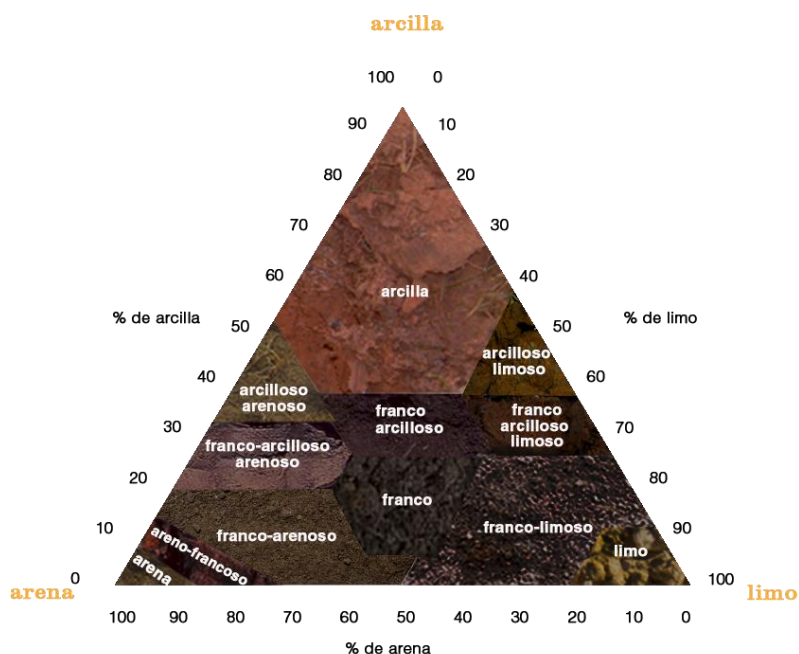
Fuente: Clasificación utilizada por el laboratorio de Edafología (UNI)

**Anexo Tabla 7. Interpretación de Acidez intercambiable**

		Bajo	Medio	Optimo	Alto
<b>Acidez</b>	Meq/100 gr		0.3-1	<0.3	>1

Fuente: Molina y Meléndez 2002

Anexo Tabla 8. Triángulo textural (USDA)



Fuente: (Vulnerabilidad de las reservas de carbono en el suelo debido al aumento de las temperaturas, 2014)

Anexo Tabla 9. Evaluación del pH del suelo.

Rango de pH	Clasificación	Definición del suelo y su incidencia en los nutrientes
< 4.50	Extremadamente ácido	Condiciones del suelo son muy desfavorables.
4.60 – 5.0	Muy fuertemente ácido	Existe una posible toxicidad por efecto del aluminio.
5.10 – 5.50	Fuertemente ácido	Suele ir acompañado de deficiencia de Ca, K, Mg, N, P, S, Mo, exceso de Cu, Fe, Mn, Zn, Co y la actividad bacteriana en el suelo es escasa.
5.60 – 6.0	Medianamente ácido	Es un suelo adecuado para la mayoría de los cultivos.
6.10 – 6.60	Ligeramente ácido	Se encuentra la disponibilidad máxima de nutrientes.
6.60 – 7.30	Neutro	Los efectos tóxicos de los elementos son mínimos.
7.40 – 7.80	Medianamente básico	Por lo general hay carbonato cálcico en el suelo.
7.90 – 8.40	Básico	Disminuye la disponibilidad de P y Bo, además de una deficiencia creciente de



		Cu, Fe, Mn, Zn. Co. Aparece la clorosis férrica.
8.50 – 9.00	Ligeramente alcalino	Aparecen los problemas mayores de clorosis férrica.
9.10 – 10.0	Alcalino	Existe la presencia de carbonato sódico en grandes cantidades.
>10.0	Extremadamente alcalino	Conlleva un elevado porcentaje de Na intercambiable. La actividad microbiana escasa y hay poca disponibilidad de micronutrientes, excepto del Mo.

Fuente: <http://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/clasificacion-del-ph>

**Anexo Tabla 10. Evaluación de Conductividad eléctrica**

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: Clasificación utilizada por el laboratorio de Edafología (UNI)

**Anexo Tabla 11. Rango de valores de materia orgánica del suelo.**

Materia orgánica	Clasificación
Menos de 2	Bajo
2 – 4	Medio
Mayor de 4	Alto

Fuente: Clasificación utilizada por el laboratorio de Edafología (UNI)

**Anexo Tabla 12. Coeficientes (Kc)**

Cultivo	% Ciclo Vegetativo			Kc			
	B	C	D	B	C	D	E
Algodón	15	25	85	0.35	0.95	0.95	0.50
Maíz (grano)	20	45	75	0.20	1.05	1.05	0.60
Maíz (forraje)	20	45	100	0.20	1.00	1.00	1.00
Trigo, Cebada	20	45	75	0.33	1.10	1.10	0.15
Cártamo	17	45	80	0.20	1.05	1.05	0.25
Sorgo	16	42	75	0.20	1.05	1.05	0.50
Melon	21	50	83	0.80	0.95	0.95	0.75
Remolacha azucarera	15	45	80	0.20	1.15	1.15	0.95
Sandía	20	50	75	0.80	1.00	1.00	0.75
Girasol	20	45	80	0.20	1.10	1.10	0.40
Alfalfa (annual)	7	30	100	0.40	1.15	1.15	0.40
Papa	20	45	78	0.80	1.10	1.10	0.70
Tomate	25	50	80	0.30	1.10	1.10	0.65
Espárrago	12	25	95	0.25	1.00	1.00	0.25

Fuente: [http://www.simarbc.gob.mx/Coeficiente%20del%20cultivo%20\(Kc\).pdf](http://www.simarbc.gob.mx/Coeficiente%20del%20cultivo%20(Kc).pdf)

**Anexo Tabla 13. Densidad del agua en función de la Temperatura.**

T(°C)	$\rho(g/cm^3)$	T(°C)	$\rho(g/cm^3)$	T(°C)	$\rho(g/cm^3)$
0	0.9998	36	0.9937	72	0.9767
2	0.9999	38	0.9930	74	0.9755
4	1.0000	40	0.9922	76	0.9743
6	0.9999	42	0.9915	78	0.9731
8	0.9998	44	0.9907	80	0.9718
10	0.9997	46	0.9989	82	0.9706
12	0.9995	48	0.9890	84	0.9698
14	0.9993	50	0.9881	86	0.9680
16	0.9990	52	0.9872	88	0.9667
18	0.9986	54	0.9862	90	0.9653
20	0.9982	56	0.9853	92	0.9640
22	0.9978	58	0.9843	94	0.9626
24	0.9978	60	0.9832	96	0.9612
26	0.9968	62	0.9822	98	0.9584
28	0.9968	64	0.9811	100	0.9170
30	0.9956	66	0.9801	150	0.863
32	0.9951	68	0.9789	200	0.830
34	0.9944	70	0.9778	300	0.700

Fuente: (<http://www.uhu.es/gem/docencia/fisica-ccaa/teoria.php>, s.f.)

**Anexo Tabla 14. Valores de fe para diámetros internos más frecuentemente utilizados**

Di mas frecuente	fe		
	Grande	Estándar	Pequeño
10.3	0.32	0.24	0.18
13.2	0.20	0.15	0.11
16	0.14	0.11	0.08

Fuente: Riegos localizados de alta frecuencia

**Anexo Tabla 15. Coeficiente de Christiansen**

n	$i_0 = 1$					n	$i_0 = 1/2$				
	$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$		$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,366	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas  
 $\beta=1,75$  Blasius, Cruciani-Margaritora  
 $\beta=1,786$  Sement  
 $\beta=1,80$  Iso, Veronese-Daite  
 $\beta=1,85$  Hazen-Williams  
 $\beta=1,90$  Scobey  
 $\beta=2,00$  Manning, Darcy-Weisbach

En la práctica se toma los siguientes valores de  $\beta$  :

$\beta=1,75$  para tuberías de PE.  
 $\beta=1,80$  para tubería de PVC  
 $\beta=1,85-1,90$  para tubería de aluminio

Fuente: Fernando Pizarro - Riegos localizados de alta frecuencia

## ANEXOS III. ANÁLISIS DE LABORATORIO

### 1. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO

**Nombre del lugar de muestreo:** Comunidad Abangasca Sur

**Municipio:** León                      **Departamento:** León

**Tipo de muestra:** Alterada.

#### Densidad aparente del suelo

$$Da = \frac{P_{ss}}{V}$$

$$V = \frac{\pi D^2}{4} * H$$

$$P_{ss}=146.85 \text{ gr}$$

$$D=4.5 \text{ cm}$$

$$H=9.7 \text{ cm}$$

$$V = \frac{\pi 4.5^2}{4} * 9.7 = 154.27 \text{ cm}^3$$

$$Da = \frac{146.85}{154.27} = 0.952 \text{ gr/cm}^3$$

#### Densidad real

$$Dr = \frac{d_1 * d_3 * p_s}{d_3(p_1 - p_p) - d_1(p_3 - p_s - p_p)}$$

$$P_1 = 351.75 \text{ gr}$$

$$P_p = 104.05 \text{ gr}$$

$$P_3 = 363.95 \text{ gr}$$

$$P_s = 20.2 \text{ gr}$$

$d_1$ =densidad del agua a la T1, en grados °C. T<sub>1</sub>=35.6°

$d_3$ = densidad del agua a la T3, en grados °C. T<sub>3</sub>= 35.7°

$$T_1 = 34^\circ \rightarrow d_1 = 0.9944$$

$$T_1 = 36^\circ \rightarrow d_1 = 0.9937$$

**Tabla 19. Interpolación de la densidad del agua a la T1**

$T_1$ (°C)	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )*	$d_1$
34°	0.9944	
35.6°	X	0.99384 gr/cm <sup>3</sup>
36°	0.9937	

\* Los datos fueron tomados de ANEXOS II TABLAS. Tabla 13. Densidad del agua en función de la temperatura.

$$T_3 = 34^\circ \rightarrow d_1 = 0.9944$$

$$T_3 = 36^\circ \rightarrow d_1 = 0.9937$$

**Tabla 20. Interpolación de la densidad del agua a la T3**

$T_1$ (°C)	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )*	$d_3$
34°	0.9944	
35.7°	X	0.993805 gr/cm <sup>3</sup>
36°	0.9937	

\* Los datos fueron tomados de ANEXOS II TABLAS. Tabla 13. Densidad del agua en función de la temperatura.

$$Dr = \frac{0.99384 * 0.993805 * 20.2}{0.993805(351.75 - 104.05) - 0.99384(3363.95 - 20.2 - 104.05)}$$

$$= 2.512 \text{ gr/cm}^3$$

### **Porosidad del suelo**

$$P = 1 - \frac{D_a}{D_r} * 100$$

$$D_a = 0.952 \text{ gr/cm}^3$$

$$D_r = 2.512 \text{ gr/cm}^3$$

$$P = 1 - \frac{0.952}{2.512} * 100$$

$$P = 62.10 \%$$

## Textura del suelo- Método de Bouyoucos

Corrección de lecturas.

$$40seg = 2 (40seg - lectblanco40seg + T)$$

$$5hrs = 2 (5hrs - lectblanco5hrs + T)$$

T = Correcciones por temperatura

Por cada °C arriba de 20°C (d) → T = 0.3 \*d

Por cada °C de bajo de 20°C (d) → T = - 0.3 \*d

$$d-40seg = 37.7^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Lect. 40 seg blanco} = -2$$

$$\text{Lect. 40 seg muestra} = 21.5$$

$$d-5hrs = 37.9^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Lect. 5 hrs blanco} = -3.5$$

$$\text{Lect. 5hrs muestra} = 4$$

$$T = 0.3 * d$$

$$T \text{ 40 seg} = 0.3 * (35.7 - 20) = 4.71$$

$$40 \text{ seg} = 2(21.5 - (-2 + 4.711)) = 37.58$$

$$T \text{ 5hrs} = 0.3 * (37.9 - 20) = 5.37$$

$$5hrs = 2(4 - (-3.5 + 5.37)) = 4.26$$

$$\% \text{Arena} = 100 - \text{coreccion 40 seg}$$

$$\% \text{Limo} = \text{coreccion 40 seg} - \text{coreccion 5 hrs}$$

$$\% \text{Arcilla} = \text{coreccion 5hrs}$$

$$\%Arena = 100 - 37.58 = 62.42 \%$$

$$\%Limo = 37.58 - 4.26 = 33.32 \%$$

$$\%Arcilla = 4.26 \%$$

Granulometría	%	Denominación textural del suelo
<b>Arena</b>	63.62	Franco arenoso* (textura moderadamente gruesa)
<b>Limo</b>	32.12	
<b>Arcilla</b>	4.26	
<b>Total</b>	100	

\*Basados en ANEXOS II. TABLAS .Anexos tabla 8. Triángulo textural (USDA).

### Capacidad de campo

$$Cc = \frac{Psh - Pss}{Pss} * 100$$

$$Psh = 41.55 \text{ gr}$$

$$Pss = 33.33 \text{ gr}$$

$$Cc = \frac{41.55 - 33.33}{33.33} * 100 = 24.66 \%$$

### Punto de marchitez permanente.

$$PMP = \frac{Cc}{1.84}$$

$$Cc = 24.66\%$$

$$PMP = \frac{24.66}{1.84} = 13.40\%$$

## 2. RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO

**Nombre del lugar de muestreo:** Comunidad Abangasca Sur

**Municipio:** León                      **Departamento:** León

**Tipo de muestra:** Alterada.

### Potencial hidrogeno (pH)

pH= 5.14

### Conductividad eléctrica

$$K = \frac{K147\mu s + K1413 \mu s/cm + K12.88mS/cm}{3}$$

$$CE(\mu s) = K * C$$

$$147\mu s = 0.690$$

$$1413\mu s/cm = 0.828$$

$$12.88mS/cm = 0.699$$

$$C = 300 \mu s/cm$$

$$CE(\mu s) = 0.739 * 42.6 = 31.48$$

### Materia orgánica (MO)- Walkley-Black

$$Corganico (\%) = \frac{(meq K_2Cr_2O_7 - meq Fe_2SO_4) * 0.003 * 100 * Fch}{gr \text{ de suelo libre de agua}}$$

$$meq K_2Cr_2O_7 = 10 \text{ ml}$$

$$meq Fe_2SO_4 = Vsm * Ns * Fs$$

Vsm: volumen de sulfato ferroso armónico empleado en la valoración de la muestra.

Ns: Normalidad teórica del sulfato ferroso



Fs: Factor del sulfato ferroso

$$F_s = \frac{V_d * N_d * F_d}{V_{sb} * N_s}$$

Fd: Factor del dicromato potásico= 1N

Vsb: Volumen sulfato ferroso empleado en la valoración del blanco

Lectura del blanco= 20.3

Lectura de la muestra= 20.9-7.1= 13.8 (valor de corrección de lectura)

$$V_{sm} = 20.9 - 7.1 = 13.8$$

Ns= 0.5N

Vd= 10 ml

Nd=1 N

Fd= 1N

$$F_s = \frac{10 * 1 * 1}{20.3 * 0.5} = 0.9852$$

$$meq Fe_2SO_4 = 13.8 * 0.5 * 0.9852 = 6.798$$

$$\%H = P_{sh} - P_{ss}$$

$$\%H = 609.8 - 60.3 = 9.5$$

$$F_{ch} = 1 - \frac{\%H}{100}$$

$$F_{ch} = 1 - \frac{9.5}{100} = 0.905$$

$$C_{organico} (\%) = \frac{(10 - 6.798) * 0.003 * 100 * 0.905}{0.5} = 1.739$$

$$MO = \%Corg * 1.724$$

$$MO = 1.739 * 1.724 = 2.998 \approx 3\%$$

### **Acidez intercambiable**

$$AI \left( \frac{meq}{100gr \text{ de suelo}} \right) = \frac{(a - b) * N * 4 * 100 * Fch}{W}$$

$$A=2.8$$

$$B=2.1$$

$$N=0.025 \text{ N}$$

$$Fch=0.905$$

$$W=10 \text{ gr}$$

$$AI \left( \frac{meq}{100gr \text{ de suelo}} \right) = \frac{(2.8 - 2.1) * 0.025 * 4 * 100 * 0.905}{10}$$

$$= 0.6335 \frac{meq}{100gr \text{ de suelo}}$$

## ANEXOS IV. DISEÑOS DE RIEGO

### 1. DISEÑO AGRONÓMICO

Datos de Entrada.

Textura del Suelo: Franco Arcilloso

C.C. = 24.66 %

P.M.P. = 13.40 %

Da = 0.952 gr/cm<sup>3</sup>

Pr = 30 cm

ETo = 6.22 mm/día (correspondiente al mes de Marzo)

Kc = 1.10

Ea = 90 %

CU = 90 %

qe = 1.6lph

Sp = 0.35 m

Ss = 1.25 m

#### **Norma Neta**

$$Nn = 100 * Da * Pr * (Cc - PMP)$$

$$Nn = 100 * 0.952 \text{ gr/cm}^3 * 0.30 \text{ m} * (24.66 - 13.40)$$

$$Nn = 321.59 \text{ mm}$$

#### **Norma Bruta**

$$Nb = \frac{Nn}{\text{Eficiencia}}$$

$$Nb = \frac{321.59 \text{ mm}}{0.90} = 357.32 \text{ mm/mes}$$

### **Evapotranspiración del cultivo**

$$Etc = Eto * Kc$$

$$Etc = 6.22 \text{ mm/día} * 1.1$$

$$Etc = 6.84 \text{ mm/día}$$

### **Necesidades Totales**

$$Nt = \frac{ETc}{Ea * Cu}$$

$$Nt = \frac{6.84 \text{ mm/día}}{0.9 * 0.9} = 8.44 \text{ mm/día}$$

### **Necesidades diarias**

$$Nd = \frac{Nb}{\text{Número de Dias del mes}}$$

$$Nd = \frac{357.32 \text{ mm}}{30 \text{ días}}$$

$$Nd = 11.91 \text{ mm/día}$$

### **Necesidades diarias por planta**

$$Ndp = Nd * Sp * Ss$$

$$Ndp = 11.91 \text{ mm/día} * 0.35 \text{ m} * 1.25 \text{ m} = 5.21 \text{ lt/planta/día}$$

### **Número de emisores por área**

$$e = \frac{1}{Sp * Ss}$$

$$e = \frac{1}{0.35 * 1.25} = 2.29 \text{ aproximadamente 2 por } m^2$$

### **Volumen del Emisor**

$$Ve = \frac{Nt * 1}{e}$$

$$V_e = \frac{8.44 \text{ mm/día} * 1}{2}$$

$$V_e = 4.22 \text{ mm/emisor}$$

### **Intensidad de Aplicación (mm/día)**

$$I_a = \frac{q_e}{A_e} = \frac{q_e}{S_p * S_s}$$

$$I_a = \frac{1.6 \text{ lph}}{0.35 \text{ m} * 1.25 \text{ m}} = 3.66 \text{ mm/hr}$$

### **Tiempo de riego**

$$T_r = \frac{Nt}{I_a}$$

$$T_r = \frac{8.44 \text{ mm}}{3.66 \text{ mm/hr}}$$

$$T_r = 2.31 \text{ hr}$$

## **2. DISEÑO HIDRÁULICO**

### **a) Diseño de tubería lateral**

Datos de entrada

$$\varnothing = 16 \text{ mm (diámetro interno)}$$

$$L = 40 \text{ m}$$

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

$$l_o = S_e$$

$$\text{Longitud del lateral recto (fe) (Long. equivalente)} = 0.11$$

$$\text{Factor de Christiansen (F)} = 0.369$$

$$S = 0.05 \%$$

$$h_m = 10 \text{ psi} = 7.03 \text{ m}$$

$$q_m = 1.6 \text{ lph}$$

n = 114 emisores

### **Caudal del Lateral**

$$Q_l = n * Q_m$$

$$Q_l = 114 * 1.6 \text{ lph}$$

$$Q_l = 182.4 \text{ lph} = 0.051 \text{ lps}$$

### **Pérdida de carga unitaria**

$$J = 7.89 * 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D_i^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 * 10^7 \left( \frac{0.051^{1.75}}{16^{4.75}} \right) = 0.824 \text{ m}/100 \text{ m}$$

### **Pérdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J \left( \frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

$$J' = 0.824 \left( \frac{0.35 + 0.11}{0.35} \right) = 1.08 \text{ m}/100 \text{ m}$$

### **Pérdida de carga en el lateral**

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

$$h_{f_l} = 1.08 \text{ m} * 0.369 \left( \frac{40}{100} \right) = 0.1594 \text{ m}$$

### **Presión a la entrada del lateral (hl).**

$$h_l = h_m + \frac{3}{4} h_{f_l} \pm \frac{1}{2} \Delta E_L$$

$$h_l = 7.03 + \frac{3}{4} (0.1594) + \frac{1}{2} \left( 0.05 * \frac{40}{100} \right)$$

$$h_l = 7.16 \text{ m}$$

**Presión mínima en el lateral (hn).**

$$h_n = h_l - (h_{fl} + \Delta EL)$$

$$h_n = 7.16 - \left( 0.1594 + \left( 0.05 * \frac{40}{100} \right) \right)$$

$$h_n = 6.98 \text{ m}$$

**Diferencia de presión**

$$\Delta h = h_l - h_n$$

$$\Delta h = 7.16 - 6.98 = 0.18 \text{ m}$$

**b) Diseño de la tubería maestra**

Datos de entrada

$$\varnothing = 38.1 \text{ mm (diámetro interno)}$$

$$L = 23.75 \text{ m}$$

$$SI = 1.25 \text{ m}$$

$$Fe = 0.11$$

$$I_0 = SI$$

$$F = 0.382$$

$$S = 0.05 \%$$

$$Q_l = 182.4 \text{ lph} = 0.051 \text{ lps}$$

$$N = 20 \text{ laterales}$$

**Caudal de la maestra**

$$Q_m = n * q_l$$

$$Q_m = 20 * 182.4 = 3648 \text{ lph} = 1.013 \text{ lps}$$

### **Pérdida de carga unitaria**

$$J = 7.89 * 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{Di^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 * 10^7 \left( \frac{1.013^{1.75}}{38.1^{4.75}} \right) = 2.49 \text{ m}/100 \text{ m}$$

### **Pérdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J \left( \frac{Se + fe}{Se} \right)$$

$$J' = 2.49 \left( \frac{1.25 + 0.11}{1.25} \right) = 2.709 \text{ m}/100 \text{ m}$$

### **Pérdida de carga en la maestra**

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

$$hf_m = 2.709 \text{ m} * 0.382 \left( \frac{23.75}{100} \right) = 0.2458 \text{ m}$$

### **Presión a la entrada de la maestra (hm).**

$$hm = hl + \frac{3}{4} hf_m \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$hm = 7.16 + \frac{3}{4} (0.2458) + \frac{1}{2} \left( 0.05 * \frac{23.75}{100} \right)$$

$$hm = 7.35 \text{ m}$$

### **Presión mínima en la maestra (hn).**

$$hn = hm - (hf_m + \Delta EL)$$

$$hn = 7.35 - \left( 0.2458 + \left( 0.05 * \frac{23.75}{100} \right) \right)$$

$$hn = 7.09 \text{ m}$$



### Diferencia de presión $\Delta H$

$$\Delta H = H_m - H_n$$

$$\Delta H = 7.35 - 7.09$$

$$\Delta H = 0.26 \text{ m}$$

### **c) Diseño tubería conductora**

Datos de entrada

$$Q = 1.013 \text{ lps} = 0.001013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1.2 \text{ m/s}$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.001013}{\pi \cdot 1.2}} = 0.033 \text{ m}$$

$$D = 3.27 \text{ cm} \approx 1 \frac{1}{2} \text{ ''}$$

### Pérdida de carga en la tubería conductora

$$J = 7.89 * 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 * 10^7 \left( \frac{0.001013^{1.75}}{38.1^{4.75}} \right) = 2.49 \text{ m}/100 \text{ m}$$

### Pérdida de carga en la tubería conductora

$$hf_c = J * \left( \frac{L}{100} \right)$$

$$hf_c = 2.49 \text{ m} * \left( \frac{26.25}{100} \right)$$

$$hf_c = 0.6536 \text{ m}$$

### Presión a la entrada de la conductora

$$H_c = h_m + \frac{3}{4} hf_c \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$H_c = 7.35 + \frac{3}{4} (0.6536) - \frac{1}{2} (0.05 * 26.25/100)$$

$$H_c = 7.83 \text{ m} \approx 11.14 \text{ psi}$$

### **Calculo de la carga total dinámica**

$$H_c = 7.83 \text{ m}$$

$$NDB = 5 \text{ mts}$$

$$CTD = H_c + NDB$$

$$CTD = 7.83 + 5 = 12.83 \text{ m}$$

### **Calculo de la potencia del equipo de bombeo**

$$Q = 11.35 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$CTD = 12.83 \text{ m}$$

$$Potencia_{teo} = \left( \frac{Q * CTD}{270 * Ef} \right) * 1.5$$

$$Potencia_{teo} = \left( \frac{11.35 \text{ m}^3/\text{hr} * 12.83 \text{ m}}{270 * 0.75} \right) * 1.5$$

$$Potencia_{teo} = 1.1 \text{ HP}$$

## ANEXOS V. IMÁGENES

### Muestreo del suelo



### Instalación del sistema de riego



## Siembra



## Fertilización y aporque



**Toma de datos de variables de desarrollo**



**Toma de datos de Temperatura**



## Cosecha

