

i.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por cobijarme durante mi estancia y por los conocimientos adquiridos para mi formación profesional.

**Al P.hD. Luis Miguel Lasso Mendoza** por las atenciones brindadas durante mi estancia en la universidad y por los consejos, conocimientos y sugerencias transmitidos para la realización de este trabajo que me servirá a lo largo de mi vida profesional y por su sincera amistad gracias.

**Al Ing. Blas A. Ríos Burciaga** por su ayuda, consejos, recomendaciones y tiempo para la culminación de este trabajo y enseñanzas para ser un buen profesionista.

**Al Ing. Jesús Gonzales Gonzales** por su colaboración, apoyo y disposición para la realización de este trabajo de titulación, por sus consejos y su sincera amistad; siempre le estaré agradecido.

**Al Dr. Juan Carlos Zuñiga Enriquez** por su valiosa colaboración, su desinteresado apoyo en la revisión de este trabajo y por sus conocimientos transmitidos durante mi formación profesional.

ii.

**Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT)** por el apoyo económico para la realización de esta investigación.

**A todos los profesores** del departamento de Fitomejoramiento que me impartieron clases y a todos aquellos que de alguna u otra forma me apoyaron en el trayecto de mi carrera.

**A todos mis compañeros** de la generación C de Ingenieros Agrónomos en Producción por brindarme su apoyo y consejos a lo largo de mi estancia en la universidad.

**A mis amigos** Ángel, Isaac, Ing. Ramón, Carlos (pichon), Elisa, Juan Pablo, Garibi, Mario, Zebadua, Oscar, Paulina, Leo, Moy por su amistad incondicional, por vivir momento alegres, confianza, consejos y apoyo demostrado.

## **A DIOS NUESTRO SEÑOR**

A ti señor por la gran ayuda espiritual que me brindaste al iluminarme en los momentos mas difíciles de mi vida y guiarme por el buen camino.

## **A MIS PADRES**

**Valentín Pineda Rojas**

**Beatriz Raygoza Carretero**

Porque sin ellos no habría llegado donde estoy, por el gran esfuerzo y sacrificio que han hecho al apoyarme, por la confianza que depositaron en mi para terminar mi carrera, por el amor y cariño que me brindaron, por sus buenos consejos para seguir adelante y por todo eso que formo parte fundamental en mi los quiero mucho y siempre estaré agradecido con ustedes gracias Mamá y Papá.

## **A MIS HERMANOS**

**Francisco Javier**

**Raúl**

**Iván**

**Mari Carmen**

**Leslie Gabriela**

Gracias hermanos por estar siempre conmigo, porque hemos compartido buenos y malos momentos, les deseo lo mejor en sus vidas, gracias por el apoyo incondicional que siempre he recibido de ustedes los quiero mucho siempre estaré con ustedes.

## **A MI NOVIA**

**Ana Victoria**

Gracias amor por ser parte fundamental en mi vida, por tu comprensión, apoyo, paciencia y por ser uno de mis estímulos para seguir adelante, por compartir tantas vivencias a lo largo de mi carrera, por las tristezas y alegrías que hemos pasado juntos te dedico este trabajo y te deseo lo mejor te Amo.

## **A MIS FAMILIARES**

Con gran estimación y respeto por estar en los momentos más difíciles y por permanecer siempre unidos les dedico este trabajo.

## INDICE DE CONTENIDO

	<b>PAGINA</b>
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	iii
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	3
Importancia de balance nutricional en la planta.....	3
Nutrición del cultivo de Papa.....	3
La fertilización y su importancia en el cultivo de Papa.....	4
Carbono.....	5
Oxigeno.....	5
Hidrogeno.....	6
Nitrógeno.....	6
Fósforo.....	7
Potasio.....	8
Calcio.....	9
Magnesio.....	10
Azufre.....	10
Fierro.....	11
Manganeso.....	12
Cobre.....	13
Boro.....	14
Molibdeno.....	14
Cloro.....	15
Análisis foliares.....	15
Principios básicos del análisis de planta.....	20
Objetivos del análisis foliar.....	20
	<b>vi.</b>
Propósitos del análisis vegetal.....	21

Sistema Integrado de Diagnostico y Recomendación (DRIS).....	25
Desviación del Porcentaje Óptimo.....	29
Fertilización foliar.....	30
Fetirriego.....	32
Fertilización de fondo.....	33
Comportamiento del nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo.....	34
Comportamiento del nitrógeno.....	34
Comportamiento del fósforo.....	36
Comportamiento del potasio.....	37
Componentes del rendimiento en el cultivo de Papa.....	38
Edad fisiológica del tubérculo semilla.....	39
Edad fisiológica y rendimiento de tubérculos.....	39
Densidad de siembra y rendimiento.....	40
Densidad de siembra y los componentes del rendimiento.....	41
Tuberización.....	41
Numero de tubérculos por tallo.....	41
Peso de tubérculo.....	41
MATERIALES Y METODOS.....	42
Localización del sitio experimental.....	42
Características del sitio experimental.....	42
Características de los materiales a utilizar.....	44
Parámetros a evaluar.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
CONCLUSIONES.....	88
BIBLIOGRAFIA.....	89
APENDICE.....	94

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No 1. Resultados de los análisis foliares de Papa Var. Gigant en la parcela y testigo de la localidad 1 tomados de Julio-Septiembre del 2005.....	<b>51</b>
Cuadro No 2. Normas de referencia propuestos por García 2002 para el cultivo de Papa en poblaciones de alto rendimiento (mayor o igual a 40 Ton/ha).....	<b>52</b>
Cuadro No 3. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>52</b>
Cuadro No 4. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>54</b>
Cuadro No 5. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 del testigo de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>56</b>
Cuadro No 6. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 del testigo de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>58</b>
Cuadro No 7. Resultados de los análisis foliares de Papa Var. Gigant en la parcela y testigo de la localidad 2 tomados de Mayo-junio del 2005.....	<b>60</b>
Cuadro No 8. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>61</b>
Cuadro No 9. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>63</b>
Cuadro No 10. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 del testigo de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>65</b>

Cuadro No 11. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 del testigo de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>67</b>
Cuadro No 12. Resultados del análisis foliar de Papa Var. Gigant en la parcela de la localidad 3 tomados de Julio-Agosto del 2005.....	<b>69</b>
Cuadro No 13. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 3 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>70</b>
Cuadro No 14. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 3 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	<b>72</b>
Cuadro No 15. Comportamiento medio de los componentes de rendimiento evaluados.....	<b>75</b>
Cuadro No 16. Clasificación de Tubérculos por tamaño.....	<b>82</b>
Cuadro No 17. Tabla de comparación de medias.....	<b>87</b>

## INDICE DE GRAFICAS

Grafica No 1. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	53
Grafica No 2. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	55
Grafica No 3. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 del testigo de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	57
Grafica No 4. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 del testigo de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	59
Grafica No 5. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	62
Grafica No 6. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	64
Grafica No 7. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 del testigo de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	66
Grafica No 8. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 del testigo de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	68
Grafica No 9. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 3 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	71
Grafica No 10. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 3 en el cultivo de Papa Var. Gigant.....	73

Grafica No 11. Comportamiento de los componentes del rendimiento de las tres localidades.....	77
Grafica No 12. Rendimiento de 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> , 4 <sup>a</sup> por hectárea de la localidad 1.....	83
Grafica No 13. Rendimiento de 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> , 4 <sup>a</sup> por hectárea de la localidad 2.....	85
Grafica No 12. Rendimiento de 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> , 4 <sup>a</sup> por hectárea de la localidad 3.....	86

## INTRODUCCION

En la región Sureste de Coahuila y Sur de Nuevo León, el cultivo de la papa es de gran importancia económica y social ya que se siembran alrededor de 5,000 has anuales de este tubérculo y se generan 390,000 jornales por ciclo, con un rendimiento medio de 30 ton/ha.

Dadas las condiciones anteriormente expuestas, los productores de la zona generalmente fertilizan en cantidades excesivas con N, P y K, lo cual repercute considerablemente en el incremento de los costos de producción. Además los agricultores no utilizan el análisis foliar como herramienta de diagnóstico para predecir las necesidades nutrimentales de este cultivo; los pocos productores que utilizan esta herramienta, basan la interpretación de sus análisis en valores críticos de concentraciones foliares determinadas en otros lugares del mundo, ya que no se cuenta con las normas regionales adecuadas al clima y suelo de la región papera de Coahuila y Nuevo León.

Howeler, (1983), indica que el diagnóstico del estado nutricional de una planta se puede hacer con base en observaciones visuales de síntomas de deficiencia o de toxicidad, así mismo con base en análisis de suelos o con base en el análisis del tejido vegetal, este mismo tiene la ventaja de medir el contenido total del nutrimento en la planta y no solamente la fracción denominada “disponible” como sucede en los análisis de suelo

La metodología clásica para estimar deficiencias nutricionales en los cultivos utilizando análisis foliares es, basada en comparaciones de la concentración foliar de nutrimentos en la muestra contra un valor crítico o rango de suficiencia. Sin embargo la concentración de nutrimentos en las hojas depende de varios factores como etapa fenológica, posición de la hoja en la planta, variedad del cultivo, entre otros.

## **OBJETIVOS**

- Determinar el estado nutricional del cultivo de papa en la región del sureste de Coahuila.

- Comparar mediante dos metodologías de análisis foliares el estado nutricional del cultivo de papa
- Conocer la respuesta en rendimiento de tubérculo de papa a la aplicación del fertilizante líquido fosforado con ácidos orgánicos, comparados con la fertilización tradicional.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **Importancia del balance nutricional en la planta**

Chan et al., (1985), menciona que el desarrollo tecnológico moderno, exige una apreciación integral del manejo de la nutrición en los cultivos agrícolas. Una parte de la integración se logra al calibrar los nutrimentos como funciones de producción. Es primordial considerar el balance nutricional con base a los requerimientos nutricionales de cada especie o cultivo en cuestión; el concepto de balance nutricional se fundamenta en que solo se dan crecimientos óptimos cuando se mantienen niveles o rangos adecuados de nutrimentos.

Sumner (1979), menciona que el balance de nutrimentos se puede establecer en un nivel bajo o alto; en el balance alto, la planta estará en condiciones de aprovechar más eficientemente otros recursos del ambiente; mientras que en un balance bajo, representará por si mismo el factor limitante de la producción.

### **Nutrición del cultivo de Papa**

Etchevers (1997) menciona que desde un punto de vista aplicado, la nutrición de cultivos proporciona herramientas útiles para controlar que todos los nutrimentos que la planta necesita para su crecimiento estén, con anterioridad al establecimiento del cultivo, a su disposición en el suelo y en niveles suficientes, así como también proporciona elementos para asegurar que las concentraciones nutrimentales en la parte aérea, o en cualquier otro órgano de referencia, no sean inferiores a niveles de suficiencia establecidos previamente para estados fenológicos precisos. Estas herramientas también sirven para determinar que la relación de un nutrimento respecto de otro no sea inadecuada en el tejido vegetal.

Estados nutrimentales distintos del definido como ideal causan trastornos nutricionales que se traducen en alteraciones del crecimiento y afectan los rendimientos esperados.

La falta de un adecuado balance nutricional que considere al suelo, al agua y los agroquímicos aplicados a la planta de papa puede generar problemas de deficiencias y excesos de los nutrimentos esenciales, lo que produce, rendimientos reducidos, pobre calidad de tubérculos cosechados, mayor susceptibilidad al ataque de patógenos y un mayor costo del cultivo. El conocimiento de los nutrimentos es una buena base para la planeación de un programa adecuado de manejo nutricional del cultivo de papa (Narro, 1995).

Domínguez, (1997), indica que para obtener un alto rendimiento en un cultivo de papa, los niveles de N, P, K, Ca y Mg del suelo deben estar dentro de unas cifras razonables y equilibradas. Por otra parte, cantidades muy pequeñas pero necesarias de micronutrientes deben estar a disposición de la planta;

normalmente, estos micronutrientes están presentes en cantidades adecuadas en el suelo

### **La Fertilización y su Importancia en el Cultivo de Papa**

El crecimiento y el desarrollo de los vegetales, y por lo tanto su rendimiento, se determina en gran medida por la disponibilidad de los nutrimentos; para su desarrollo, las plantas contienen pequeñas cantidades de 90 o más elementos químicos, de los cuales solo 16 se consideran esenciales, ya que forman parte de moléculas básicas para la fisiología y metabolismo vegetal, y las plantas no pueden completar su ciclo de vida si falta alguno de ellos.

Los nutrimentos esenciales para todas las plantas y las principales formas químicas en que se absorben por las plantas son: oxígeno ( $O_2, H_2O$  y  $CO_2$ ), hierro ( $Fe^{2+}, Fe^{3+}$ ), calcio ( $Ca^{2+}$ ), carbono ( $CO_2$ ), hidrógeno ( $H_2O$ ), potasio ( $K^+$ ), nitrógeno ( $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $CO(NH_2)_2$ ), manganeso ( $Mn^{2+}, Mn^{4+}$ ), fósforo ( $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ), boro ( $Bo_3^-$ ,  $B_4O_2^-$ ), azufre ( $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ), cobre ( $Cu^{2+}, Cu^+$ ), zinc ( $Zn^{2+}$ ), molibdeno ( $MoO_4^{2-}$ ) y cloro ( $Cl^-$ ).

El orden de presentación está de acuerdo a la cronología de su descubrimiento como elemento esencial para las plantas.

El conocimiento de los nutrimentos es una buena base para la planeación de un programa adecuado de manejo nutricional del cultivo de papa.

A continuación se describe en forma resumida algunas características de los elementos nutritivos.

#### **Carbono (C)**

Siempre existe en cantidades suficientes puesto que las plantas son capaces de asimilar el bióxido de carbono de la atmósfera a través de las hojas.

Las hojas de los vegetales utilizan en la fotosíntesis sólo el carbón del CO<sub>2</sub> y liberan el oxígeno que se reintegra al aire.

### **Oxígeno (O)**

Casi todo el oxígeno que utilizan las plantas para respirar y para su metabolismo, penetra a través de las raíces, hojas y proviene del agua, del suelo y del aire.

### **Hidrógeno (H)**

Las plantas lo obtienen directamente del agua y otros compuestos, el bióxido de carbono e hidrógeno se convierten en la fotosíntesis a carbohidratos simples y luego se transforman en aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, lípidos y casi todas las moléculas orgánicas pequeñas; pocos productores agrícolas manejan el bióxido de carbono en pequeña escala como suplemento de sus plantas.

### **Nitrógeno (N)**

El nitrógeno ocupa entre el 1.5 y el 6% del peso seco de muchos cultivos con valores entre el 3 y el 5% en papas; presenta una alta movilidad, tanto en el suelo como en tejidos vegetales, y sus principales funciones en la planta son la síntesis de aminoácidos, proteínas y clorofila; es un constituyente de enzimas, cromosomas y vitaminas.

Las plantas deficientes en nitrógeno son achaparradas cloróticas, erectas, con hojas verde pálido y las inferiores amarillas y secas; las venas permanecen más tiempo verdes, el nitrógeno se pierde del suelo por remoción de plantas (cultivadas o malezas), lavado, desnitrificación y erosión, además puede ser inmovilizado temporalmente.

El cultivo de la papa requiere suficiente nitrógeno durante el crecimiento rápido y la tuberización; la cantidad por aplicar varia de acuerdo a la variedad empleada y el tipo de suelo cultivado las dosis empleadas por hectárea va desde 50 hasta mas de 800 unidades por ha. El exceso de nitrógeno produce un bajo rendimiento debido a un pobre desarrollo de raíces y las hojas se pueden enrollar hacia arriba y formar orejas de ratón. Las variedades de ciclo largo son especialmente susceptibles a este tipo de problemas y donde, además, se reduce muy drásticamente el llenado de tubérculos y aumenta el riesgo de ataque de insectos y patógenos.

Las fuentes mas comunes de nitrógeno son: el sulfato de amonio, nitrato de amonio, fosfato de amonio, urea, amoniaco anhidro, nitrato de calcio, nitrato de sodio, abonos verdes , estiércoles y otros. La absorción de nitratos estimula la absorción de cationes pero los Cl y Oh restringen la absorción de calcio y potasio.

### **Fósforo (P)**

El fósforo ocupa entre el 0.15 y el 1.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores entre el 0.2 y el 1.2 %; en papas, presenta alta movilidad en tejidos vegetales, pero es muy poco móvil en el suelo. Es un complemento de proteínas, participa en procesos de transferencia metabólica y transporte de energía en forma de ATP. El fósforo estimula la formación y crecimiento de las raíces.

El fósforo se requiere con mayor importancia durante el crecimiento inicial y al final de la tuberización, las plantas deficientes son pequeñas y presentan hojas tallos y ramas de color púrpura, pobre crecimiento de raíces y estolones y rendimiento reducido. Existe una gran variedad de tipos de suelo cultivados de papa que tienen problemas con este elemento, el cual se pierde del suelo por remoción por plantas, fijación y formación de compuestos insolubles.

El cultivo de papa requiere cantidades relativamente pequeñas de este elemento pero en suelos calcáreos de pH alcalinos y en suelos muy ácidos, la eficiencia de los fertilizantes utilizados puede ser inferior al 8 % de lo que se obliga a los productores a utilizar cantidades muy elevadas de fertilizante fosfatado. Es conveniente fraccionar la aplicación de este elemento y completar su aplicación con foliares y una combinación de fuentes de lenta y rápida liberación.

Las fuentes más comunes de fósforo que se aplican son: el súper fosfato simple y triple de calcio, fosfato de amonio formulas compuestas como 17-17-17, roca fosfórica, estiércoles como gallinaza y otros materiales. Los problemas del fósforo en el suelo son muy complejos y, además, pueden reaccionar con Fe, Zn, Cu, Mn, y Ca, y formar compuestos insolubles.

### **Potasio (K)**

El potasio ocupa entre el 1 y el 5% del peso seco de muchos cultivos con valores entre el 1.5 y el 15% en papas; presenta alta movilidad en tejidos vegetales y su movilidad en el suelo es media; interviene en la formación de azúcar y almidón, síntesis de proteínas, catalizar reacciones, neutraliza ácidos orgánicos y opera estomas, impide gran vigor y resistencia a las enfermedades, aumenta el tamaño del grano y semilla.

Las plantas deficientes en potasio presentan rendimiento reducido, hojas viejas moteadas, con puntos verde pálido, necróticos o curvados, con márgenes y puntas quemadas, sistema radical y tallos débiles y estolones cortos. El potasio se pierde en el suelo por remoción por plantas y por fijación y erosión.

Las fuentes más comunes de potasio son: el nitrato de potasio, sulfato de potasio y magnesio, cloruro de potasio, fosfato de potasio, estiércoles, guanos y compostas.

El potasio requiere estar en equilibrio con Ca y Mg para que la absorción de ellas no sea inhibida, y es conveniente fraccionar su aplicación a fin de reducir los problemas de fijación y baja disponibilidad al final de ciclo, cuando más lo requieren las plantas para producir altos rendimientos y buena calidad.

### **Calcio (Ca)**

El calcio ocupa entre al 0.2 y el 3.0% del peso seco de muchos cultivos con valores entre el 0.15 y el 1.00% en papa. Presenta muy baja movilidad en el floema de las plantas y su movilidad en el suelo es media, ayuda a mantener la integridad y permeabilidad de las membranas celulares y constituye parte de paredes celulares, interviene en la división y elongación celular, en el crecimiento y asimilación de nitrógeno, aumenta la germinación del polen y neutraliza ácidos orgánicos.

La deficiencia de calcio afecta las zonas meristemáticas, las plantas presentan coloración café en los puntos de crecimiento, los cuales mueren en seguida; las hojas terminales son deformes, crecimiento radical reducido, algunas plantas se ponen negras, los tubérculos presentan una necrosis difusa en el anillo vascular cerca de la inserción del estolón y pueden desarrollar susceptibilidad al ataque de patógenos que pueden causar pudriciones apicales. El calcio se pierde en el suelo por remoción, por plantas y por fijación y erosión.

Las fuentes más comunes de calcio son: sulfato de calcio, nitrato de calcio, carbonato de calcio, superfosfatos de calcio y quelatos de calcio. En muchos suelos ricos en este elemento la traslocación puede ser un problema y ésta se puede estimular mediante el uso de ácidos fúlvicos y carboxílicos.

### **Magnesio (Mg)**

El magnesio ocupa entre el 0.04 y 1.00 del peso seco de las hojas, con valor de suficiencia de 0.10 en papa, presenta alta movilidad en las plantas, y su movilidad en el suelo es media, forma parte de la molécula de clorofila y sirve

como cofactor de la mayoría de las enzimas que activan los procesos de fosforilación. Participa en la síntesis de ARN y proteínas. Es necesario en la formación de azúcares, ayuda a regular la asimilación de potasio y calcio. Actúa como transporte de fósforo en la planta y promueve la formación de aceites y grasas, y está en la clorofila.

Los síntomas de deficiencias se observan como una clorosis intervenal en hojas viejas y en casos severos también se observan en hojas jóvenes, las que pueden desarrollar en áreas necróticas. Su deficiencia puede ser marcada por concentraciones bajas del elemento en el suelo o por exceso de calcio o potasio, y su exceso bloquea la asimilación de esos elementos se puede perder por lavados no muy intensos.

### **Azufre (S)**

El azufre ocupa entre el 0.08 y el 0.30% del peso seco de las plantas de papa; su movilidad es alta en el suelo y media en tejidos vegetales. Entre las principales funciones en la planta esta la síntesis de proteínas y forma parte de los aminoácidos cistina y tiamina y de la clorofila, aumenta el color verde intenso, activa la formación de nódulos, estimula la producción de semillas.

Las plantas deficientes presentan hojas verde alimonado pálidas, con una mayor clorosis en las hojas jóvenes; las raíces son mas largas de lo normal y los tallos son corchosos, la baja humedad del suelo induce su deficiencia. El exceso de azufre puede ocasionar una senescencia temprana de las hojas.

Este elemento se aplica en el cultivo de papa principalmente como sulfato de varios elementos y superfosfatos. Generalmente no se utiliza el azufre elemental en la fertilización. El azufre está presente en muchos suelos agrícolas en forma de materia orgánica y en forma de sulfatos solubles en la solución de los suelos bien drenados. El azufre se pierde del suelo por remoción por plantas, lavado y erosión.

## **Fierro (Fe)**

El contenido de fierro en el follaje varía de 10 a 1000 ppm del peso seco con rango de suficiencia entre 35 y 75 ppm; presenta baja movilidad tanto en suelo como en planta y es un componente importante en varios sistemas enzimáticos y de la proteína ferredoxina y se requiere para la reducción de sulfatos y nitratos, así como para la síntesis de clorofila y de proteínas en las regiones meristemáticas.

Las plantas deficientes presentan clorosis intervenal en hojas jóvenes y cuando la deficiencia es severa puede presentarse coloraciones blanquecinas y mostrar síntomas en toda la planta. Existen más de 15 diferentes causas reportadas que pueden inducir la deficiencia de este elemento.

Es conveniente, en muchos casos, aplicar este elemento desde las etapas tempranas de crecimiento de las plantas de papa, aunque se demanda es mayor durante el crecimiento rápido. El exceso de este elemento se manifiesta por un bronceado de las hojas y puede inducir deficiencia de otros elementos menores. Las fuentes más comunes de fierro que se aplican son: el sulfato de fierro y diversos tipos de quelatos de fierro.

## **Manganeso (Mn)**

El nivel de suficiencia de manganeso en el follaje es de 40 ppm del peso seco, en papas; la movilidad de este elemento es baja en suelo y en tejidos vegetales y participa en la síntesis de clorofila, y en los procesos de oxidación-reducción en el sistema de transporte electrónico en la fotosíntesis; activa oxidasas del ácido indolacético.

Las plantas dicotiledóneas presentan clorosis intervenal en hojas jóvenes, con venas verde pálido. La disponibilidad del manganeso disminuye al incrementar el pH del suelo. El manganeso reacciona con fosfatos y se fija; además se pierde por remoción por plantas, lavado, y erosión. El exceso de manganeso puede ocasionar puntos cafés rodeados de un círculo clorótico en

hojas viejas y puede originar deficiencias de otros elementos menores. Las fuentes más comunes que se aplican son el sulfato de manganeso y diferentes tipos de quelatos.

### **Zinc (Zn)**

El nivel de suficiencia de zinc en el follaje varía de 20 a 150 ppm del peso seco; este elemento presenta baja movilidad en suelo y en tejidos vegetales y participa en la síntesis de auxinas, y en las mismas funciones enzimáticas del manganeso y magnesio.

Las plantas deficientes tienen raíces anormales, hojas moteadas, con clorosis intervenal, bronceadas, en "rosete". Su disponibilidad para las plantas disminuye al incrementarse el pH del suelo. El zinc reacciona fuertemente con fosfatos y otros compuestos y se fija; además se pierde por remoción por plantas, lavado, y erosión.

El cultivo de papa requiere suministro de zinc durante prácticamente todo el ciclo. Las dosis empleadas van desde menos de 0 hasta de 20 unidades, el exceso de zinc puede ocasionar deficiencias de otros elementos menores, particularmente de fierro. Las fuentes más comunes que se aplican con el sulfato de zinc y diferentes tipos de quelatos.

### **Cobre (Cu)**

El cobre alcanza el nivel de suficiencia de entre 5 y 7 ppm del peso seco; la movilidad de este elemento es baja en suelo y en tejidos vegetales y participa como constituyente de la proteína plastocianina del cloroplasto y sirve como parte del sistema de transporte de electrones ligando los fotosistemas I y II. Participa en la síntesis de lignina, y se confactro en la síntesis de ácidos nucleicos.

Las plantas deficientes presentan hojas jóvenes distorsionadas y necrosis en el meristemo apical. La disponibilidad del cobre disminuye al incrementarse el pH del suelo. El exceso de cobre puede ocasionar deficiencia de fierro,

clorosis y crecimiento reducido de raíces. Este elemento está deficiente en plantas que crecen en suelos orgánicos. Las fuentes más comunes que se aplican son el sulfato de cobre y diferentes funguicidas que contienen este elemento.

### **Boro (B)**

El boro tiene su nivel de suficiencia en plantas dicotiledóneas entre 20 y 70 ppm del peso seco; la movilidad de este elemento es media alta en suelo y muy baja en el floema de las plantas; participa en la síntesis de una de las bases del ácido ribonucleico y en actividades celulares de división, diferenciación, maduración y otras; afecta la floración y la germinación del polen, participa en la estabilidad de la membrana y pared celular e influye en el rendimiento y calidad de frutos.

Las plantas deficientes presentan crecimiento anormal y pequeño en las puntas (zona meristemática) y eventualmente muere ese tejido, generándose brotación de yemas inferiores que producen hojas gruesas, curvas y quebradizas, con entrenudos cortos y hojas enrolladas. En los tubérculos se distinguen manchas necróticas, marrones, con reducción en su calidad culinaria.

El exceso de boro causa amarillamiento en las puntas de las ramas, seguida de necrosis. Su disponibilidad en el suelo disminuye al incrementarse el pH y se puede perder por remoción de las plantas y por lavado.

Las fuentes más comunes que se aplican son: el bórax, el ácido bórico y diferentes boratos; algunos fertilizantes foliares contienen este elemento como complemento.

### **Molibdeno (Mo)**

La concentración del molibdeno es generalmente menor de 15 ppm del peso seco de las plantas; es componente de la nitrogenasa y nitrato reductasa,

que son sistemas enzimáticos importantes y participa en la síntesis de proteínas; presenta una movilidad media en el suelo y en tejidos vegetales.

Las plantas deficientes presentan síntomas parecidos a la falta de nitrógeno, las plantas son chaparradas, hojas inferiores cloróticas y secas. Su disponibilidad en el suelo aumenta al elevarse el pH. Las fuentes más comunes de molibdeno que se aplican son los molibdatos. El exceso de molibdeno generalmente no daña a las plantas pero puede causar problemas a los rumiantes que consumen forrajes con concentración mayor de 5 ppm.

### **Cloro (Cl)**

El cloro presenta niveles de suficiencia desde 20 ppm hasta 0.15% o más de la materia seca, en diferentes cultivos, pero no se le ha reportado deficiente en la naturaleza; es móvil en el suelo y poco móvil en la planta y participa y compete con otros aniones nitratos y sulfatos.

### **Análisis foliares**

Etchevers, (1997), menciona que el análisis foliar es una herramienta para evaluar directamente el estado nutricional de las plantas y la efectividad de las prácticas de fertilización en uso e indirectamente la disponibilidad de nutrientes por el suelo. Con esta técnica es posible medir la concentración total de un elemento o de una fracción. Cualquiera de estas dos mediciones sirve para diagnosticar y evaluar el estado nutricional de los cultivos y el suelo. El análisis de plantas también se emplea como base para formular recomendaciones de fertilización

En la actualidad la utilización de análisis foliares se ha constituido en una herramienta básica en estudios de nutrición, sin embargo su aplicación en cultivos anuales presenta mayores problemas que en cultivos perennes sobre todo por el acelerado desarrollo de los primeros. Lorenz y Tyler (1983), hacen

notar que en cultivos de rápido desarrollo como la papa, pueden ocurrir cambios en la concentración de nutrimentos hasta de un 100 % en una semana.

Howeler (1983), cita que los tres métodos anteriores el análisis de tejido vegetal tiene la ventaja de medir el contenido total del nutrimento y no solamente la fracción denominada "disponible" como sucede en los análisis de suelos. Por otra parte, el análisis de suelos es más impreciso porque varía de acuerdo a la metodología que es utilizada, el tipo de extractante, etc. En el análisis de tejidos se determina el contenido total de cada elemento, el cual es una cantidad constante para una determinada muestra, por lo tanto, los datos que se obtienen son más exactos y hay menos desacuerdo entre aquellos obtenidos por diversos laboratorios. Sin embargo, el contenido de elementos varía bastante entre diferentes órganos de la planta (hojas, tallos, pecíolos, raíces, granos) y con la edad del tejido (por ejemplo hojas jóvenes ó viejas) y la edad de la planta.

Donahue *et al.* (1977), Mencionan que la importancia del análisis total de la planta, usado como una técnica de diagnóstico para evaluar las necesidades de nutrimentos, fue reconocida al principio del siglo XIX (1841) por el científico Alemán, Liebing J. V; ya que en esa época se pensaba que los elementos minerales determinados en la ceniza de la planta eran validos y seguros para indicar los elementos que eran necesarios para un crecimiento normal. Liebing dudó de la exactitud de esta hipótesis y planteó que existían elementos tomados por las plantas que no tenían función metabólica. Estaba en lo cierto, porque algunos de los elementos observados no eran esenciales para el crecimiento o reproducción de los vegetales superiores.

Munson y Nelson (1973), citados por Salazar *et al.* (1992), mencionan que el término el "análisis de planta" se refiere al análisis total o cuantitativo de los elementos esenciales en el tejido de la planta; ha sido usado por muchos años en los frutales como el durazno, manzano, pecanas, y otras nueces; debido a la naturaleza perenne de estos cultivos y a su sistema radical muy

extenso, el análisis de planta es muy adecuado para determinar su condición nutricional.

El análisis de la planta esta basado en el principio de la concentración de un nutrimento dentro de esta; es un valor integral de todos los factores que han interactuado sobre ella. También indican que el análisis vegetal es la determinación de la concentración o fracción extractable de un elemento en una muestra en una parte específica o porción de la planta muestreada, a un cierto estado de desarrollo morfológico del cultivo.

Bould (1968) y Bates (1971), citados por Zúñiga (1993), establecen que el análisis vegetal es una técnica para relacionar el contenido elemental de toda o una parte de la planta, su tasa de crecimiento, calidad y rendimiento del producto cosechado.

Proloran (1977), cita que el análisis foliar es una técnica para efectuar la evaluación nutricional que permite determinar las concentraciones nutrimentales y compararlas con valores de referencias (valores estándar) previamente establecidos, que vincula las respuestas de la planta con la composición foliar.

Simpson (1991), menciona que no cabe duda en que la determinación de la materia seca de las plantas junto con la del rendimiento de los cultivos proporciona datos relativamente exactos de la cantidad en que un determinado nutriente ha sido absorbido por el cultivo. No obstante, que los tejidos vegetales son distintos en cada una de las partes de la planta (hoja, tallo, raíz, semilla, tubérculo) y su composición también varia en cada una de las distintas fases de su desarrollo, Así mismo, cuando se han analizado los tejidos de la planta y el cultivo se halla en una fase de desarrollo muy avanzado y, por lo tanto, es demasiado tarde para corregir cualquier carencia indicada por los resultados de los análisis de los cultivos. El análisis de la planta puede proporcionar cierta orientación respecto a posibles problemas de carencia de los cultivos siguientes.

El análisis de la planta resulta muy útil para confirmar la causa de los síntomas visibles de las carencias, de modo especial que las carencias de oligoelementos en los cultivos y, sobre todo, si se comparan muestras de plantas normales con muestras de plantas que presentan síntomas de carencias. Por lo que se refiere a la mayoría de los oligoelementos, con la única excepción de boro, el análisis de la planta constituye una orientación mejor que el análisis de suelos para determinar la necesidad de una suplementación con oligoelementos.

Ulrich (1978), menciona que la interpretación del análisis de la planta, está basada en la premisa que hay una relación biológica significativa entre el contenido elemental y el desarrollo de la planta.

Aldrich (1973), menciona los propósitos generales del análisis vegetal son: diagnosticar o confirmar los síntomas visibles, identificar problemas nutricionales ocultos, localizar áreas con dificultades nutrimentales incipientes, predecir respuestas de los cultivos a la aplicación de fertilizantes, determinar la interrelación entre nutrientes y ayudar a atender el funcionamiento interno de las plantas.

Jones (1985), estableció como objetivo fundamental estudiar la relación entre el estado nutrimental y el funcionamiento de la planta, como ayuda para predecir las necesidades de fertilización.

Dow y Roberts (1982), citados por Zúñiga (1993), señalan que los análisis de tejidos son útiles para predecir necesidades nutricionales de cultivos perennes, para el ciclo posterior al que se colectan y analizar las muestras.

(Pérez y Chan, 1984), mencionan que es preferible analizar las hojas, pues en ellas se pueden encontrar mejores indicadores acerca del estado nutricional de los árboles de duraznero

Se usan no solo para confirmar un diagnóstico efectuado a partir de síntomas visibles, si no también para identificar "síntomas de hambre" ocultos,

para localizar áreas de suelos en las que la deficiencia de uno o más elementos están generalizadas, para determinar si los nutrimentos aplicados han entrado en la planta.

Walsh y Beaton (1973), citados por Zúñiga (1993), consideran que el análisis foliar es uno de los mejores métodos para identificar las necesidades de fertilización.

Teuscher *et al.* (1982), argumentan que la combinación del análisis de tejidos vegetales y del análisis de suelos es de suma importancia para establecer con bases científicas las causas de las deficiencias. Es preciso estudiar simultáneamente el suelo y la planta, y comparando los resultados entre si, será posible encontrar el mal y la forma de remediarlo.

Reuter y Robinson (1986) citados por Vázquez (1996), mencionan que el fundamento del análisis químico vegetal es la relación que existe entre la concentración de un nutrimento en la planta y el rendimiento de la misma.

Etchevers (1988), dice que el análisis foliar es la determinación de la concentración de un elemento o fracción extractable de éste, presente en una parte específica, o en toda la planta, la cual es muestreada en un momento o estado de desarrollo morfológico dado.

### **Principios Básicos del Análisis de Planta**

Etchevers (1985), apunta que el análisis de planta se basa en el principio de que la concentración de un nutrimento en la planta es un valor que integra todos los factores que interaccionan para afectarlo. Cuando se consideran la multiplicación de los factores que influyen en el crecimiento de las plantas y los rendimientos de éstas, ya sea en una estación de crecimiento o en varias, se comprenden que las relaciones que se han establecido entre concentraciones y crecimiento o rendimiento, se cumpla en la forma en que se hacen.

El uso efectivo del análisis químico de plantas requiere que se defina claramente el tipo de información deseada y el grado de precisión requerido para el objetivo que se persigue.

### **Objetivos del análisis foliar**

a) Diagnosticar o confirmar el diagnóstico de deficiencias o de toxicidad hecho mediante la técnica de síntomas visuales. A menudo los síntomas visuales son difíciles de identificar debido a que varios factores pueden causar síntomas parecidos. Además puede servir para identificar o predecir deficiencias nutricionales que no son aparentes.

b) Servir de base para hacer recomendaciones de fertilización. La presencia de niveles anormalmente bajos de un nutrimento, señalado por el análisis químico de plantas, de una pauta que ayuda a decidir sobre la necesidad de aplicar un fertilizante que lo contenga.

c) Determinar la cantidad de un elemento que es removida del suelo por un cultivo y sus residuos. Esto permite calcular la cantidad de nutrimentos que se están exportando y la adición que sería precisa para reponerlo.

d) Estimar el estado nutricional de ciertas regiones, distritos o tipo de suelo. Cuando la técnica se emplea con este propósito recibe el nombre de levantamiento nutricional.

e) Predecir rendimientos. Los resultados de estudios de los niveles nutricionales han sido empleados para predecir rendimientos en ciertas zonas.

### **Propósitos del análisis vegetal**

Aguilar *et al.* (1987), señala que el objetivo fundamental del análisis es diagnosticar las anomalías nutrimentales que pueden presentar las plantas de cultivo, dicho diagnóstico puede estar orientado hacia diferentes propósitos:

1.- Para ratificar o rectificar un diagnóstico de síntomas visuales.

A través del conocimiento de los síntomas y secuencias sintomatológicas que presentan los vegetales, utilizando para ello los diferentes elementos de diagnóstico como son: la movilidad de los nutrimentos al considerar los factores suelo, clima, manejo e incidencia de plagas y enfermedades. Es factible mediante un procesos deductivo, llegar a planear que la sintomatología presentada por una planta pueda ser atribuible a la carencia de un nutrimento en particular, esto es fundamentalmente cierto sobre todo para aquellos nutrimentos en las cuales la deficiencia conduce a la generación de unos síntomas típicos y atípicos. Sin embargo, en algunos casos, las anomalías o síntomas que presentan las plantas no permiten definir con absoluta certeza, si estas desviaciones son atribuibles a un nutrimento en particular, como por ejemplo la clorosis avanzada por deficiencias de micronutrientes Fe, Mn, o Zn, o los síntomas observados por elementos pesados; sintomatología que mediante la realización de los análisis químicos correspondientes, puede llegar a ser identificada claramente.

## 2.- Para identificar deficiencias latentes

La presencia de un síntoma visual de deficiencia, es índice de que a nivel de tejido vegetal, la concentración de uno o varios nutrimentos se ha abatido en tal magnitud que un gran número de procesos metabólicos han entrado en desorden, propiciando la aparición de un síntoma. Sin embargo, dentro de los rangos de abatimiento nutrimental, se presenta una zona de carencia que genera fuertes depresiones tanto en el rendimiento como en la calidad de los productos, sin que a nivel visual sean observados los síntomas. Esta zona es conocida como deficiencia latente o hambre oculta. Es así que en numerosas áreas de cultivo, las plantas aparentemente presentan un desarrollo normal al no mostrar ninguna anomalía visual; sin embargo, sus rendimientos son bajos y la calidad es deficiente, índice de que pueda existir una deficiencia latente, identificable a través del empleo del análisis vegetal.

## 3.- Para evaluar la respuesta a las aplicaciones correctivas.

Una vez identificada una deficiencia nutrimental, ya sea mediante sintomología o el propio análisis vegetal, lo procedente es realizar, cuando así corresponde, la aplicación de productos químicos, fertilizantes, mejoradores o

algún tipo de correctivo que elimine la carencia. Sin embargo, en múltiples ocasiones no se presenta la respuesta esperada, concluyéndose precipitadamente que el tratamiento correctivo aplicado es ineficiente. Esta conclusión podría ser errónea si no se tiene una evidencia técnica de que, no obstante de que el o los nutrimentos en deficiencia han sido absorbidos por la planta, la sintomatología o depresión del rendimiento aún permanece; situación que puede ser evaluada utilizando el análisis vegetal.

#### 4.- Para ayudar a interpretar los resultados de la experimentación.

En el ámbito de generación de la tecnología para la producción de las plantas, normalmente el investigador encuentra que los bajos rendimientos están asociados con varios factores, que pueden ser de carácter edáfico, climático, biótico, nutrimental, etc. Si como único elemento de evaluación se toma a la producción, la interpretación de los resultados pueden ser equívoca; ya que los diferentes factores pueden incidir en una forma directa o indirecta, propiciando en última instancia, que la respuesta favorable en rendimiento sea consecuencia por ejemplo de una mayor asimilación nutrimental, por la aireación del suelo, por el empleo de métodos de labranza adecuados, por el riego eficiente, la aplicación de correctores al suelo ó la eliminación de competencia, etc.

#### 5.- Para definir interacciones o antagonismos nutrimentales.

Las restricciones en el desarrollo y producción vegetal generalmente se asocian con deficiencia nutrimentales cuando los demás factores de crecimiento no son limitativos. Esta situación puede ser resuelta con cierta facilidad, cuando la deficiencia nutrimental es de carácter exógeno, es decir, cuando por algunas causas existe una carencia del nutrimento en el sustrato. Sin embargo, una deficiencia también puede presentarse por efectos antagónicos lo competencias nutrimentales no específico. Por ejemplo, una absorción excesiva de manganeso puede inducir una deficiencia de hierro; una elevada fertilización con fósforo puede afectar la asimilación de zinc; un fuerte encalado puede restringir la asimilación del potasio, etc., efectos no fácilmente detectados si sólo se tiene

el contenido del nutrimento que manifiesta sintomatología; ya que está podría presentar valores que en una situación común corresponderían a concentraciones normales, siendo las interacciones y relaciones nutrimentales las responsables de la deficiencia. Efectos que pueden ser detectados con el análisis vegetal.

6.- Para sugerir pruebas adicionales que ayudan a la identificación del problema.

Como se mencionó en los puntos anteriores, a través del análisis vegetal es factible diagnosticar las irregularidades en el desarrollo de las plantas, cuando éstos son atribuibles a deficiencias o toxicidades; las que sin embargo, pueden ser atribuibles a numerosas causas. Ello implica que los resultados del análisis vegetal por sí mismos y bajo ciertas circunstancias, no sean suficientes para indicar las causas del problema, ya que por ejemplo, una clorosis por deficiencia de hierro puede tener como origen la carencia del hierro asimilable en el suelo por exceso de carbonatos, excesos de Mn en el sustrato, bajas temperaturas, condiciones de inundación del suelo, absorción excesiva de fosfatos, de nitratos, etc., de tal manera que la corrección de la anomalía mediante la aplicación de hierro puede presentarse o no, dependiendo del origen del problema. Por lo que además de su detección, debe identificarse la causa misma, la cual se busca mediante pruebas adicionales como son: el análisis de suelo, la forma del manejo del cultivo, la incidencia de fenómenos climáticos adversos, etc.

7.- Para entender el funcionamiento interno de la planta.

Si se considera que las plantas como organismos autotróficos presentan la capacidad de formar sus componentes y estructuras constitutivas mediante la asimilación de elementos con un bajo nivel energético, a través del empleo de la energía de radiación de la luz mediante el proceso de fotosíntesis, es claro; que el análisis de los elementos indispensables, relacionados con los fenómenos de crecimiento y diferenciación, constituye el punto central para el mejor

entendimiento de los procesos de producción de cosechas, tanto en sus aspectos de cantidad como de calidad, que son de principal interés en la nutrición vegetal.

### **Sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS)**

Beaufils (1973), desarrolló el método denominado Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), el cuál consta de un conjunto de normas que hacen un diagnóstico más completo, ya que clasifica en orden de importancia los nutrimentos que requiere la planta, toma en cuenta su interacción, el balance nutrimental y detecta deficiencias y excesos relativos, además puede realizar diagnósticos en cualquier etapa de desarrollo y diferente posición de la hoja en la planta. (Escano, et al., 1981), dice que cuando el sistema DRIS se compara contra una técnica convencional, como es la de valor crítico o rango de suficiencia, el DRIS presenta mayores ventajas ya que este es independiente de la edad, condiciones de clima, suelo, prácticas culturales, porción y posición de la hoja muestreada de tal manera que el valor crítico es ineficiente para diagnosticar el estado nutricional de la planta, en cualquier condición y época.

En el cultivo de papa se han desarrollado las normas DRIS en diferentes partes del mundo, entre las que se encuentran Meldal y Sumner (1980) en la provincia de Natal en Sudáfrica, Mackay et al., (1987) en Canadá y Navvabzdeh y Malakouti (1993) en un suelo calcáreo de Iran. Sin embargo, las normas difieren considerablemente, por lo cual es necesario generar normas locales de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de la región (Walworth y Sumner, 1987).

(Sumner y Farina, 1986), mencionan que el DRIS se basa en la ley de Liebig o del mínimo, la cual establece que el rendimiento máximo posible es función directa del factor más limitante de acuerdo a las necesidades del cultivo, pero también se basa en la ley Mitscherlich o de los rendimientos decrecientes, misma que se fundamenta en que el rendimiento puede incrementarse por

efecto de cada uno de los factores, siempre y cuando no estén presentes en sus niveles subóptimos o mínimos

El DRIS representa una técnica o método holístico y, de hecho, se constituye por un grupo integrado de normas (valores de referencia) representativo de parámetros del vegetal, suelo, clima y práctico de manejo.

Sin embargo, Beaufils, Sumner y colaboradores de ambos se han limitado, casi exclusivamente, a perfeccionar el método en base a composición foliar porque consideran que la planta es el integrador de los efectos de su ambiente (Sumner y Boswell, 1981).

Dentro de las técnicas para hacer diagnósticos nutrimentales en planta, por medio de análisis foliares, se ha utilizado más comúnmente el método que se basa en un valor crítico, o sea la concentración de un elemento en una determinada parte de la planta y estado de desarrollo, abajo del cuál el rendimiento es afectado negativamente.

Sumner (1979), comparó los dos métodos utilizando los datos de campo de experimentos con maíz, soya, azúcar y papa publicado por diferentes autores y concluyó que el DRIS es superior ya que permite minimizar las variaciones debidas a la edad de los tejidos, posición de las hojas muestreadas, variedades y además toma en cuenta las relaciones entre nutrimentos.

El DRIS como sistema de diagnóstico foliar, tiene como primer paso el establecimiento de valores estándar o normas DRIS.

(Sumner, 1986), menciona que para desarrollar las normas DRIS de una región, se utiliza una muestra representativa de un gran número de sitios al azar, que pueden ser campos comerciales y/o parcelas experimentales bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. Se toman muestras de hojas para su análisis y el rendimiento

(Letzsch, 1984), dice que las normas basadas en un banco de datos grande, son probablemente más representativas, ya que abarcan un amplio espectro de variabilidad en la población.

La población se divide en dos grupos: uno correspondiente a altos rendimientos y el otro a bajos. Letzsch y Sumner (1984), demostraron la poca importancia del tamaño de los grupos; pero Walworth y Sumner (1986), recomendaron que el punto de transición entre ambos grupos sea aproximadamente igual al rendimiento de los mejores productores.

El DRIS, se ha usado como una metodología de diagnóstico nutrimental en varios cultivos. Las normas DRIS son las medias de relaciones o formas de expresión de la composición del tejido foliar, con sus respectivas varianzas y coeficientes de variación, de una subpoblación de observaciones de alto rendimiento (Letzsch, 1985).

Las normas DRIS son relaciones de nutrimentos y constituye la media de una población de altos rendimientos con los cuales se calculan los índices DRIS, el orden de requerimientos y el Índice de desbalance Nutricional de una muestra foliar (Walworth y Sumner, 1987).

Letzsch y Sumner (1984), indican que las mejores normas DRIS, son las que tienen un gran número de observaciones obtenidas al azar, con un límite alto de rendimiento para dividir las dos subpoblaciones (de bajo y alto rendimiento) y que tenga al menos un 10% de observaciones de alto rendimiento.

En el cultivo de papa se han desarrollado normas DRIS en diferentes lugares del mundo, entre ellas se encuentran las de Meldal y Sumner (1980), Mackay et al. (1987) y Navvabzdeh y Malakouti (1993).

Meldal y Sumner (1980) establecieron las normas DRIS para N, P y K en hojas de papa. Las normas fueron desarrolladas de 745 series de datos por composición elemental de hoja y sus respectivas producciones de tubérculos en

la provincia de Natal en Sudáfrica. La población total de observaciones fue dividida en dos subpoblaciones en base a su rendimiento; subpoblación A con rendimientos mayores de 42.5 ton/ha y subpoblación B con producciones menores de 42.5 ton/ha.

Mackay et al. (1987), determinaron las normas DRIS en papa para dos áreas de producción en Canadá con diferentes condiciones de suelo y clima. El valor para poblaciones de altos rendimientos en suelos Boreales fue de 40 ton/ha y para suelos esodosoles fue 32 ton/ha. Dichos autores concluyeron que las normas publicadas para papa en suelos de Sudáfrica determinadas por Meldad y Sumner (1980) fueron completamente insatisfactorias para diagnosticar deficiencias en cualquiera de las dos regiones Canadienses.

Navvabzdeh y Malakouti (1993), desarrollaron las normas DRIS para papa en un suelo calcáreo de Irán. Las normas se establecieron con 50 observaciones para los elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B. Las producciones se dividieron en dos: altas y bajas, usando como criterio de división 30 ton/ha.

### **Desviación del Porcentaje Óptimo (DOP)**

La interpretación de análisis de plantas basado en un nuevo índice es propuesto por Montañés *et al.* (1993) con el objetivo de introducir un nuevo índice como una metodología alternativa para la interpretación del análisis mineral de las plantas. Para calcular los índices se aplica la siguiente fórmula general:

Los índices de la Desviación del Porcentaje Optimo (DOP) se definen como la desviación del porcentaje de la concentración de un elemento (por ciento basado en materia seca) con respecto a la concentración óptima tomado de los valores de referencia.

Montañés *et al.* (1993), comparó el DRIS y DOP en cultivos como maíz, soya, sorgo, alfalfa trabajos donde se aplicó el sistema DRIS y encontró el

mismo orden de requerimiento con ambos sistemas y concluye que el DOP puede ser aplicado a cualquier cultivo, presenta índices de déficit o exceso y nivel óptimo y permite conocer el orden en que un elemento limita el rendimiento.

### **Fertilización foliar**

Pérez (1988), dice que la fertilización foliar, que es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo; esta práctica es reportada en la literatura en 1844, aunque su uso se inicia desde la época Babilónica. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos, algunos componentes de ésta participan en la absorción de los iones. Los factores que influyen en la fertilización foliar pueden clasificarse en tres grupos; aquellos que corresponden a la planta, el ambiente y la formulación foliar. Dentro de los aspectos de la planta, se analiza la función de la cutícula, los estomas y ectodesmos en la absorción foliar. En el ambiente, la temperatura, luz, humedad relativa y hora de aplicación.

En la formulación foliar se analiza el pH de la solución, surfactantes y adherentes, presencia de sustancias activadoras, concentración de la solución, nutrimentos y el ion acompañante en la aspersion. Varios trabajos de fertilización foliar han demostrado su bondad en la respuesta positiva de los cultivos, sin embargo, los incrementos de rendimiento por el uso de esta práctica han sido muy variables, lo que sugiere se hagan más trabajos en busca de optimizar la capacidad productiva de las cosechas de diferentes cultivos, utilizando la fertilización foliar como un apoyo a la fertilización al suelo.

Pérez (1988), menciona que la fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto. La fertilización foliar no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero sí es una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los

requerimientos nutrimentales de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo. El abastecimiento nutrimental vía fertilización edáfica depende de muchos factores tanto del suelo como del medio que rodea al cultivo. De aquí, que la fertilización foliar para ciertos nutrimentos y cultivos, bajo ciertas etapas del desarrollo de la planta y del medio, sea ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica.

Eibner, (1986), menciona que la fertilización foliar se ha practicado desde hace muchos años. En 1844 se reporta que en Francia se aplicaba sulfato ferroso en el follaje de la vid para corregir la clorosis en las plantas. También se tenían noticias de que en muchas partes del sur de Europa la fertilización foliar era conocida por los agricultores, quienes la practicaban ampliamente. Esta práctica posteriormente se hizo intensiva en otras partes del mundo, en donde los agricultores habían visto efectos benéficos en el incremento de rendimiento y calidad del producto. Además ya se había observado que en algunos lugares los fertilizantes químicos aplicados al suelo no actuaban eficiente y satisfactoriamente.

Pérez, (1988), dice que a partir de 1950, cuando se empezaron a utilizar radioisótopos en la agricultura, mejores técnicas de laboratorio y aparatos para el rastreo y análisis de nutrimentos del tejido vegetal, se lograron avances más claros sobre la efectividad de la fertilización foliar.

(Trinidad *et al.*, 1971; Chonay, 1981; Cardona, 1988; Pérez, 1988), mencionan que en las últimas décadas varios trabajos de investigación han demostrado la bondad de esta práctica cuyo uso es común hoy en día.

Fregoni, (1986), menciona que se sabe que la fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas, y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar

Se reconoce, que la absorción de los nutrimentos a través de las hojas no es la forma normal. La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda.

El abastecimiento de los nutrimentos a través del suelo está afectado por muchos factores de diferentes tipos: origen del suelo, características físicas, químicas y biológicas, humedad, plagas y enfermedades (Bear, 1965; Plancarte, 1971; Trinidad *et al.*, 1971). Por consiguiente, habrá casos en que la fertilización foliar sea más ventajosa y eficiente para ciertos elementos, que la fertilización al suelo, y casos en que simple y sencillamente no sea recomendable el uso de la fertilización foliar.

### **Fertirriego**

Navarro, (1997), dice que se entiende por fertirriego a la aplicación de sustancias nutritivas (iones minerales, compuestos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, mejoradores, bioactivadores, hormonas, ácidos, etc.) necesarios por los vegetales en el agua de riego, aplicándolos en la cantidad, proporción y forma química requerida por las plantas según su etapa fenológica, ritmo de crecimiento y acumulación de materia seca, a tal manera que se logre a corto y largo plazo altos rendimientos con calidad y el mantenimiento de un adecuado nivel de fertilidad general en el suelo.

El fertirriego explicado de una manera sencilla es la aplicación de fertilizante a través del sistema de riego, en otras palabras utilizamos el sistema y el agua de riego como un vehículo para la aplicación de los elementos nutritivos que requiere el cultivo. Para inyectar el fertilizante al equipo de riego existen sistemas tipo venturi y bombas de inyección que funciona de forma diferente pero que tienen el mismo fin.

Etchevers, 1997; castellano, 1997), mencionan que para lograr las ventajas de la fertirrigación es necesario manejar en forma integral el cultivo: agua, nutrición y labores culturales, entre otros factores de la producción. El manejo racional de la nutrición de los cultivos exige un dominio de los principios fisiológicos y edáficos de la nutrición y de los aspectos relativos los sistemas de producción.

En fertirrigación el agua se debe aplicar de acuerdo a la demanda del cultivo, de tal forma que se obtenga un balance entre el agua y el aire en el espacio poroso del suelo y no se tengan lixiviaciones. Los fertilizantes se aplican en la cantidad y proporción en que se demandan por el cultivo, de tal manera que la planta tenga las condiciones óptimas para su desarrollo, por lo que la eficiencia de la fertilización debe ser alta.

### **Fertilización de fondo**

SEP (1987) citado por Saquelares (2001), menciona que las papas requieren altos niveles de fertilidad del suelo para una buena producción. Una cosecha que tiene un rendimiento alrededor de 40 ton de papa por hectárea, extrae del suelo las siguientes aproximaciones de elementos esenciales.

## **Comportamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo**

### **Comportamiento del nitrógeno**

Rodríguez (1989), menciona que los dos procesos fundamentales de la descomposición de la materia orgánica son:

(a) La mineralización; es una descomposición rápida de los residuos orgánicos convirtiendo en compuestos minerales que poseen una formación química más simple como son: bióxido de carbono, agua, amoníaco, fosfatos, sulfatos y compuestos potásicos.

b) la humificación es la transformación de residuos orgánicos en nuevos complejos orgánicos (el humus), que se caracteriza por su mayor estabilidad, o sea que se degradan más lentamente en una mineralización más gradual. En

los suelos agrícolas, del total de las aportaciones orgánicas, un 70 por ciento se mineraliza rápidamente en 2 años, y el resto se transforma en humus, incorporándose a la estructura del suelo.

Aguilar et al (1987), mencionan que las principales formas de nitrógeno en el suelo son: (a) la orgánica (generalmente más abundante en la parte superior del perfil), formada por residuos vegetales (incluyendo microorganismos) y animales en diversos estados de descomposición desde residuos frescos a humus, entendiéndose por este último el material orgánico estabilizado por acción de la flora microbiana, y (b) la inorgánica, que incluye principalmente a nitratos, nitritos, amonio intercambiable y amonio fijado.

Rodríguez (1989), indica que el nitrógeno orgánico constituye más del 85 por ciento del nitrógeno total existente en el suelo. La totalidad del nitrógeno está determinada por:

- Residuos orgánicos (85 %)
- El nitrógeno de origen atmosférico dejado por los Rhizobium.
- Aportes en el agua de lluvia en forma generalmente de pequeñas proporciones de amoníaco
- Aportes de la fertilización.

Estos materiales orgánicos son atacados por los microorganismos del suelo, transformándolos en sustancias asimilables por las plantas.

En una primera fase, el nitrógeno es transformado por bacterias amonificantes en amoníaco ( $\text{NH}_4$ ) constituyendo una forma amoniacal. Esta sustancia es luego convertida en nitrato por las bacterias nitrificadoras, constituyendo la fase nítrica del proceso.

P.P.I (1988), dice que las plantas absorben la mayor parte del nitrógeno en la forma de iones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). La absorción directa de urea puede ocurrir a través de las hojas y pequeñas cantidades de N

se obtienen de ciertos materiales como los aminoácidos solubles en agua. Con la excepción del arroz, la mayoría de los cultivos agronómicos absorben gran parte de su nitrógeno en forma de nitrato.

Russell y Rusell (1968), menciona que los compuestos inorgánicos de nitrógeno, amoniaco y nitratos sufren varios tipos de pérdidas en el suelo. Pueden ser absorbidos por las plantas en crecimiento, o ser asimilados por los microorganismos y devueltos así a las reservas de nitrógeno orgánico, o ser convertidos en compuestos volátiles y perderse en el aire; pueden ser lavados del suelo y la naturaleza catiónica del  $\text{NH}_4$  permite su adsorción y retención por el material coloidal del suelo, de este modo no está generalmente tan sujeto a eliminación por filtración de las aguas como en forma de nitratos.

### **Comportamiento del fósforo**

Buckman y Brady (1977), dice que los factores que afectan la asimilación de los compuestos inorgánicos de fósforo en el suelo son: pH del suelo; por el Fe, Al y Mn; por el calcio asimilable, y por la cantidad de materia orgánica descompuesta, y por las actividades de los microorganismos. Los cuatro primeros de estos factores están relacionados íntimamente entre sí, ya que sus efectos dependen primordialmente de la acidez del suelo.

Forth (1986), dice que la forma dominante de fosfato disponible para las plantas es  $\text{H}_2\text{PO}_4$ . La buena disponibilidad del fósforo por las plantas están determinados por varios factores, entre ellos tenemos: La presencia de agua, este factor es importante para la absorción del fósforo del suelo. Las plantas absorben unos 500 kg de agua por cada kilogramo de crecimiento. Sin embargo, el fósforo contenido en 500 kg de agua del suelo es muy inadecuado para cubrir las necesidades de la planta, si el agua y el fósforo son absorbidos en la proporción en que existen en el suelo. Otro factor es el pH bajo, inferior a 5.5, el hierro y el aluminio solubles aumentan considerablemente, lo cual ocasiona la fijación de fósforo como fosfato de hierro y de aluminio. La mejor

disponibilidad de fósforo se tiene con pH de 6 a 7. Los fosfatos de calcio empiezan a precipitarse alrededor de pH 6.0 arriba de pH 7.0, la tendencia a la formación de apatita de nuevo reduce la solubilidad o disponibilidad del fósforo.

Buckman y Brady (1977), reporta que en los suelos alcalinos la precipitación de fosfatos es producida sobre todo por los compuestos cálcicos. Estos suelos se abastecen grandemente de calcio intercambiable y, en muchos casos, con carbonato de calcio. Los fosfatos aprovechables reaccionan tanto con el ión  $\text{Ca}^{+2}$  como con su carbonato.

Otro de los factores es la materia orgánica y microorganismos del suelo. La rápida descomposición de la materia orgánica y, en consecuencia, la alta población de microbios, conduce a una retención temporal de los fosfatos inorgánicos sobre los tejidos microbianos.

### **Comportamiento del potasio**

Las plantas toman el potasio como  $\text{K}^{+}$  de la solución del suelo. Está presente en el suelo en cuatro formas: como ion  $\text{K}^{+}$  en la solución del suelo, intercambiable en los coloides, fijado a las arcillas 2: 1 principalmente illitas y formando parte de los minerales.

Jones *et al* (1991), indica que el potasio es de movilidad alta en los tejidos y media en el suelo, intervienen en la formación de azúcares y almidón; síntesis de proteínas

Tisdale y Nelson (1988), menciona que los factores que afectan la disponibilidad del potasio son: tipo de coloide, temperatura, pH del suelo, humedad y sequedad.

## Componentes del rendimiento del cultivo de Papa

Rendimiento de Tubérculos  $\text{ha}^{-1}$  = Densidad de plantas  $\text{ha}^{-1}$  x Número de tubérculos planta x Peso promedio de tubérculos

Si la densidad es expresada en términos de número de tallos por unidad de área, el segundo componente puede ser número de tubérculos por tallo. Hasta ahora, hemos visto como la determinación de crecimiento del brote principal, o los brotes adyacentes, pueden ser importantes para el rendimiento, así como algunas determinantes bioquímicas y fisiológicas del estímulo de brotación.

Borrego (2004), indica que una vez que la planta emerge, comenzará su vida independiente, y los procesos fisiológicos de absorción de nutrientes y agua, traslocación, fotosíntesis, respiración, fotorespiración, transpiración, relaciones fuente-demanda, y su interacción con el ambiente de crecimiento, se llevarán a cabo en mayor ó menor medida, dando una cantidad y calidad de crecimiento, duración de etapas fenológicas y una tasa de tuberización que dependerá de las condiciones de manejo del cultivo, así como de la tasa a la que se lleven los procesos fisiológicos, influenciados por los niveles ambientales de la temporada de crecimiento (disponibilidad de agua, nutrientes, temperaturas diurnas y nocturnas, fotoperíodo, etc.), por lo que ahora se hará énfasis en algunas prácticas del cultivo, y su impacto en el rendimiento, sin perder de vista que cualquier práctica del cultivo tiene un profundo impacto en la fisiología del mismo (fecha de siembra más temprana, condiciona temperaturas más bajas, y más susceptibilidad a enfermedades del suelo, al retrasarse la germinación y emergencia con el consiguiente aumento en el costo del cultivo) una menor tasa de crecimiento, mayor duración de etapas fenológicas, pero con la ventaja de que la tasa de tuberización será más alta con la posibilidad de altos rendimiento, ó cosechar antes de los demás agricultores, lo que ofrece ventajas en el precio.

Por lo anterior, se hará una breve explicación de los conceptos anteriores.

**Edad fisiológica del Tubérculo Semilla.** La edad fisiológica del tubérculo no empieza hasta que la dormancia innata ha sido rota, de manera que la edad fisiológica no debe de confundirse con edad cronológica. La edad fisiológica puede ser expresada en términos de temperatura acumulada, en grados-días arriba de 4°C desde que el tubérculo semilla rompió su dormancia. Esta respuesta puede variar entre genotipos.

**Edad Fisiológica y Rendimiento de Tubérculos.** Los tallos originados de tubérculos prebrotados (más viejos) comienzan su ciclo del cultivo antes que los que se originan de tubérculos no prebrotados (más jóvenes) dando como resultado que todas las etapas de su desarrollo en el campo (emergencia, desarrollo del follaje, inicio de tuberización, senescencia del follaje, maduración de tubérculo) ocurran también más temprano. Por el contrario, con tubérculos con brotes grandes (viejos) que se siembran muy temprano, pueden tener daños irreversibles al momento de la siembra mecánica, y los tallos que se originen de los brotes sobrevivientes, pueden ser afectados fuertemente por heladas tardías. La siembra en marzo con tubérculos bien diferenciados provocará inicio de tuberización más temprana, asociada con menor Índice de área foliar (temperaturas más bajas durante el crecimiento foliar menor intercepción de radiación solar disponible durante el ciclo, y menor tasa de actividad metabólica, lo que origina menores tasas de tuberización. (Menor tasa y menor tiempo de tuberización = menor rendimiento) aunque con la ventaja de que cosechará antes que la mayoría de los agricultores, con un mejor precio.

En producción temprana de papa, es importante emplear:

- Tubérculo semilla con brotes, y de los cuales prevalece dominancia apical (brote principal sin daño).
- Variedades que rindan pocos tubérculos por tallo.

- Variedades precoces en su ciclo de vida, pero con una etapa fenológica de tuberización prolongada.
- Tubérculo semilla grande que permita, debido a sus mayores reservas, una emergencia y un crecimiento vigoroso, más temprano en la temporada de crecimiento.

**Densidad de siembra y rendimiento.** Luego de algunas semanas de la emergencia del cultivo, cada uno de los tallos principales originados por las yemas del tubérculo semilla, viene a ser el tallo principal de una planta independiente, la cual puede ó no, acarrear tallos secundarios por la ramificación. Puede, por lo tanto, haber competencia por radiación solar, nutrientes ó agua entre los tallos de una planta (que se originan del mismo tubérculo-semilla) así como entre tallos de plantas adyacentes. Por lo anterior, es más conveniente hablar de densidad, como número de tallos por unidad de superficie. Es preferible un incremento en máximo IAF, de cerca de 2 unidades, pero con un incremento de 10 días en que IAF permaneció arriba de 3.5, con mayor intercepción de radiación solar, aunque con mayor competencia por agua y minerales. También hay que enfatizar que si se utiliza semilla bien diferenciada, el follaje tendría menor duración, por la senescencia de hojas más viejas.

### **Densidad de siembra y los componentes del rendimiento**

**a) Tuberización.** La tasa y duración de la tuberización es poco afectado por la densidad de siembra, aún cuando la competencia por los diferentes factores se establezca temprano en el ciclo vegetativo.

**b) Número de tubérculos por Tallo.** Esta característica está primeramente bajo control genético (con variedades con 5-8 tubérculos por tallo, ó con 2-4, creciendo bajo las mismas condiciones). La expresión de este potencial genético está, a su vez, controlado por varios factores ambientales y de cultivo (nivel de fertilización, incidencia y severidad de factores adversos, y la

edad fisiológica de los tubérculos es relativamente pequeño en un gran rango de densidades de tallos; la influencia en el rendimiento se debe más bien a la densidad de tubérculos.

**c) Peso de tubérculo.** Al incrementar la densidad de población, el peso promedio del tubérculo desciende fuertemente, debido a que también se incrementa el número de tubérculos pequeños, llenados inadecuadamente, en detrimento de las categorías de mayor tamaño, habiendo también diferencias entre variedades.

Entonces, enfatizando la importancia de las prácticas de cultivo en la optimización de la expresión de las características fisiológicas, podemos enumerar las más importantes como: Edad fisiológica del tubérculo semilla, densidad de población, fechas de siembra, fertilización nitrogenada, fertilización con otros nutrientes, irrigación, combate de plagas y enfermedades, edad fisiológica de la planta a la cosecha, lo que redundará en una tasa y duración de tuberización, tamaño y arreglo de los tubérculos en el surco, para que se facilite su cosecha y siembra posterior, utilizando maquinaria apropiada.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **1. LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL**

El presente trabajo se realizó en tres localidades de la región sureste del estado de Coahuila. (Región papera de gran importancia económica para el estado de Coahuila).

### **2. CARACTERISTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL**

- **Localidad 1 *Valle hermoso***

Los suelos que predominan en esta región de acuerdo a las cartas del (CENETAL 1977) SON: I+E /2 se refiere a suelos con textura media parecida a

limos de ríos aquí abunda precisamente el limo y es la textura con menos problemas de drenaje, aeración y fertilidad.

Litosol son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y muy fértil, que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal son generalmente arcillosos.

I: Litosol

E: Rendzina

Con coordenadas geográficas de 24° 30' 13" latitud norte y 100° 15' 75" longitud oeste del meridiano de Greenwich con una altitud de 1900 msnm.

- **Localidad 2 Huachichil**

Los suelos que predominan en esta región de acuerdo a las cartas del (CENETAL 1977) SON: Kk /3 Castañozem calcico de clase textura fina representa a suelos arcillosos, que tienen mal drenaje, poca porosidad son duros al secarse, se inundan y tienen problemas de laboreo. Estos suelos se encuentran en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos. En condiciones naturales tienen vegetación de pastizales, con algunas áreas de matorral, se caracterizan por presentar capa superior de color pardo a rojizo oscuro rica en materia orgánica tienen alta fertilidad natural. Estos suelos se caracterizan por tener acumulación de caliche suelto en una capa de color claro, de más de 15 cm. de espesor.

K: Castañozem

k: Calcico

Con coordenadas geográficas de 25° 10' 89" latitud norte y 100° 55' 16" longitud oeste del meridiano de Greenwich con una altitud de 2050 msnm.

- **Localidad 3 San Rafael**

Los suelos que predominan en esta región de acuerdo a las cartas del (CENETAL 1977) SON: Re+Rc-Is/2 eutrico y calcarico de clase textural media se refiere a suelos con textura media parecida a los limos de los ríos; aquí abunda precisamente el limo y es la textura con menos problemas de drenaje, aeración y fertilidad. Son suelos ligeramente salinos se caracteriza porque en

los suelos el contenido de sales no es muy alto y solo impide el desarrollo de cultivos poco resistentes:

Re: eutrico son de fertilidad moderada o alta

Rc: calcarico son suelos ricos en cal son los mas fértiles de los regosoles.

Con coordenadas geográficas de 25° 00' 68" latitud norte y 100° 35' 42" longitud oeste del meridiano de Greenwich con una altitud de 1883 msnm.

### **3. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR**

- **MATERIAL GENETICO (Variedad)**

#### **Gigant**

Es una papa blanca importante para la región al ser la preferida por su potencial de rendimiento y resistencia al manejo de postcosecha en el mercado fresco.

- Progenitores: Elvira x AM66-42
- Planta: tallos poco numerosos, bastante gruesos.
- Tubérculos: de forma oval; piel amarilla, parcialmente áspera; carne amarilla clara; ojos bastante superficiales.
- Maduración: intermedia
- Rendimiento: muy alto
- Materia seca: contenido mediano
- Calidad culinaria: bastante firme al cocer, propensa a decolorarse después de la cocción.
- Follaje: de desarrollo rápido, cubriendo bien el terreno.

- Brote: al principio elipsoidal más tarde coniforme, de color rojo morado pálido, poco beloso; yema terminal grande y abierta; yemas laterales cortas.
- Enfermedades: medianamente sensible a la Phytophthora de la hoja, poco sensible al virus “Y”, inmune a los virus A, y X y a la sarna verrugosa, resistente al prototipo A del nemátodo dorado.

### **Dosis de fertilización de fondo**

Las papas requieren altos niveles de fertilidad del suelo para una buena producción. Y como fuente de fertilizante fosforado liquido acompañado con ácidos orgánicos se utilizo el Fertigro 8-24-00 de la empresa Cosmocel para las localidades 1 y 2.

### **Formula recomendada para cada localidad**

#### **Localidad 1 *Valle hermoso***

180 Kg de nitrógeno este se aplica el 50% en la siembra debido a su alta movilidad y para evitar perdidas y el otro 50% se aplica en la primera escarda.

350 kg de fosforo

300 kg de potasio

40 Kg de magnesio

<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis fertilizante liquido 8-24-00 Lts/ha</b>
<b>Parcela</b>	<b>100</b>
<b>Testigo</b>	<b>0</b>

#### **Localidad 2 *Huachichil***

180 Kg. de nitrógeno este se aplica el 50% en la siembra debido a su alta movilidad y para evitar perdidas y el otro 50% se aplica en la primera escarda.

400 kg de fósforo

350 kg de potasio

88 Kg de magnesio

<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis fertilizante liquido 8-24-00 Lts/ha</b>
<b>Parcela</b>	<b>100</b>
<b>Testigo</b>	<b>0</b>

### **Localidad 3 *San Rafael***

180 Kg. de nitrógeno este se aplica el 50% en la siembra debido a su alta movilidad y para evitar perdidas y el otro 50% se aplica en la primera escarda.

400 kg de fósforo

350 kg de potasio

### **Aplicación foliar**

Estas aplicaciones foliares se aplicaron de acuerdo a los resultados de los análisis foliares para hacer el diagnostico nutricional del cultivo de papa.

- Nutricel 20-30-10
- Fosfacel
- Fertigro 8-24-00
- Agro k

## **4. PARAMETROS A EVALUAR**

- Determinación DOP, DRIS, (son metodologías que nos ayudan para el diagnóstico nutricional del cultivo).

**EI DOP se determino mediante la siguiente formula:**

$$DOP = [(C \times 100) / Cref] - 100$$

Donde:

DOP = Desviación del Porcentaje Optimo.

C = Concentración del elemento, resultado del análisis de tejido.

Cref =concentración óptima del nutrimento, propuesto para el cultivo de referencia.

Cuando el elemento se encuentra en una concentración óptima el DOP para ese elemento es igual a cero.

Cuando el DOP es negativo indica déficit del elemento y positivo indica exceso.

**EI DRIS se determino mediante el siguiente procedimiento:**

**a) Primer paso:** Se calcularon las relaciones de los elementos de los análisis foliares.

**b) Segundo paso:** Se calculan las funciones, si el valor medio de la relación de la muestra era mayor que la media de la relación de la norma DRIS, se utilizó la siguiente ecuación:

Cuando  $A/B > a/b$

$$\epsilon (A / B) = ( ( ( A / B ) / ( a / b ) ) - 1 ) \times ( 1000 / CV )$$

Si el valor medio de la relación de la muestra era menor que la media de la norma DRIS se utilizó:

Cuando  $A/B < a/b$

$$\epsilon (A / B) = ( ( 1 - ( ( a / b ) / ( A / B ) ) ) \times ( 1000 / CV )$$

**c) Tercer paso** una vez estimada la función de cada relación, se calcularon los índices de los nutrimentos involucrados. Las siguientes ecuaciones representan la forma general de los índices DRIS, para cada nutrimento.

$$I(\mathbf{N}) = \frac{\epsilon (N/P) + \epsilon (N/K) + \epsilon (N/Ca) + \epsilon (N/Mg) + \epsilon (N/Fe) + \epsilon (N/Mn) + \epsilon (N/Cu) + \epsilon (N/Zn) + \epsilon (N/B)}{9}$$

$$I(\mathbf{P}) = \frac{-\epsilon (N/P) + \epsilon (P/K) + \epsilon (P/Ca) + \epsilon (P/Mg) + \epsilon (P/Fe) + \epsilon (P/Mn) + \epsilon (P/Cu) + \epsilon (P/Zn) + \epsilon (P/B)}{9}$$

$$I(\mathbf{K}) = \frac{-\epsilon (N/K) - \epsilon (P/K) + \epsilon (K/Ca) + \epsilon (K/Mg) + \epsilon (K/Fe) + \epsilon (K/Mn) + \epsilon (K/Cu) + \epsilon (K/Zn) + \epsilon (K/B)}{9}$$

$$I(\mathbf{Ca}) = \frac{-\epsilon (N/Ca) - \epsilon (P/Ca) - \epsilon (K/Ca) + \epsilon (Ca/Mg) + \epsilon (Ca/Fe) + \epsilon (Ca/Mn) + \epsilon (Ca/Cu) + \epsilon (Ca/Zn) + \epsilon (Ca/B)}{9}$$

$$I(\mathbf{Mg}) = \frac{-\epsilon (N/Mg) - \epsilon (P/Mg) - \epsilon (K/Mg) - \epsilon (Ca/Mg) + \epsilon (Mg/Fe) + \epsilon (Mg/Mn) + \epsilon (Mg/Cu) + \epsilon (Mg/Zn) + \epsilon (Mg/B)}{9}$$

$$I(\mathbf{Fe}) = \frac{-\epsilon (N/Fe) - \epsilon (P/Fe) - \epsilon (K/Fe) - \epsilon (Ca/Fe) - \epsilon (Mg/Fe) + \epsilon (Fe/Mn) + \epsilon (Fe/Cu) + \epsilon (Fe/Zn) + \epsilon (Fe/B)}{9}$$

$$I(\mathbf{Mn}) = \frac{-\epsilon (N/Mn) - \epsilon (P/Mn) - \epsilon (K/Mn) - \epsilon (Ca/Mn) - \epsilon (Mg/Mn) - \epsilon (Fe/Mn) + \epsilon (Mn/Cu) + \epsilon (Mn/Zn) + \epsilon (Mn/B)}{9}$$

$$I(\mathbf{Cu}) = \frac{-\epsilon (N/Cu) - \epsilon (P/Cu) - \epsilon (K/Cu) - \epsilon (Ca/Cu) - \epsilon (Mg/Cu) - \epsilon (Fe/Cu) - \epsilon (Mn/Cu) + \epsilon (Cu/Zn) + \epsilon (Cu/B)}{9}$$

$$I(\mathbf{Zn}) = \frac{-\epsilon (N/Zn) - \epsilon (P/Zn) - \epsilon (K/Zn) - \epsilon (Ca/Zn) - \epsilon (Mg/Zn) - \epsilon (Fe/Zn) - \epsilon (Mn/Zn) - \epsilon (Cu/Zn) + \epsilon (Zn/B)}{9}$$

$$I(\mathbf{B}) = \frac{-\epsilon (N/B) - \epsilon (P/B) - \epsilon (K/B) - \epsilon (Ca/B) - \epsilon (Mg/B) - \epsilon (Fe/B) - \epsilon (Mn/B) - \epsilon (Cu/B) - \epsilon (Zn/B)}{9}$$

Cada índice es la media de todas las funciones de relaciones donde está involucrado el nutriente. Si el elemento que se calcula está en el numerador se le respeta el signo, pero si está en el denominador se le cambia el signo.

- Rendimiento (calidad) se determina mediante la selección de 1ª, 2ª, 3ª y 4ª la producción comercial de tubérculo se evaluó en cada tratamiento contando el número de tubérculos seleccionados de acuerdo al tamaño y el peso posteriormente se estimó el rendimiento por hectárea.

Se estableció un diseño experimental en bloques al azar considerando al rendimiento de las localidades dentro del mismo.

- Componentes de rendimiento (En evaluaciones previas a la cosecha antes de eliminar el follaje del cultivo se evaluó en tramos de tres metros con tres repeticiones, el número de tallos por metro, número de tubérculos por tallo y peso promedio de los tubérculos).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de tejido.**

Para la interpretación de análisis de tejido en el cultivo de papa, se utilizó el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) para los elementos N, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn, B, Cu y Zn. También se utilizó el índice propuesto por Montañés, *L et al.* (1993) que se denomina Desviación del Porcentaje Óptimo (DOP).

Los índices DRIS se determinaron mediante las normas reportados por García (2002) para los siguientes elementos: N, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn, B, Cu y Zn; por tal motivo solo fueron contemplados estos 10 elementos.

Dentro de los resultados se tiene tres localidades cada una con la variedad Gigant, en las cuales las localidades uno (**Valle hermoso**) y dos (**Huachichil**) se tienen una parcela experimental y un testigo, mientras que en la localidad número tres (**San Rafael**) solo se tiene una parcela.

En cada localidad se hicieron dos análisis de tejido tanto en la parcela como en el testigo para cada localidad, cada uno de ellos realizados en diferentes etapas fenológicas del cultivo.

## I. Determinación del equilibrio nutricional mediante el DRIS y DOP

### LOCALIDAD 1 (*Valle hermoso*)

**Cuadro No 1. Resultados de los análisis foliares de Papa Var. Gigant en la parcela y testigo de la localidad 1 tomados de Julio-Septiembre del 2005.**

Elemento	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	Fe ppm	Mn ppm	B ppm	Cu ppm	Zn ppm
<b>A1P</b>	4.8	0.4	4.5	0.6	2.4	365.0	147.0	41.0	17.0	93.0
<b>A1T</b>	4.6	0.32	4.8	0.5	1.9	474	126.0	22.0	15.0	78.0
<b>A2P</b>	3.1	0.23	3.47	0.57	2.1	86	289	51	13	64
<b>A2T</b>	3.5	0.29	3.51	0.54	1.9	79	221	41	18	58

A1P=Análisis 1 parcela, A2P=Análisis 2 parcela, A1T=Análisis 1 testigo, A2T=Análisis 2 testigo, ppm=Partes por millón

En el cuadro 1 se muestran los valores de los análisis de tejido de la localidad 1 tanto de la parcela experimental como del testigo, estos fueron comparados con los del cuadro 2, valores propuestos por García (2002), en concentración de hojas de papa.

Se encontró que los niveles de N, P y K son mayores en los primeros análisis tanto de la parcela como del testigo que los del segundo análisis tomado esto se debe a que la planta esta en las primeras fases fenológicas y es cuando mas requiere de estos elementos mayores para su desarrollo.

**Cuadro No 2. Normas de referencia propuestos por García 2002 para el cultivo de Papa en poblaciones de alto rendimiento (mayor o igual a 40 Ton/ha).**

Elemento	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	Fe ppm	Mn ppm	B ppm	Cu ppm	Zn ppm
<b>Concentración</b>	4.74	0.32	4.06	0.61	2.64	270.72	497	25.49	14.63	81.25

ppm=partes por millón

### PARCELA ANALISIS 1

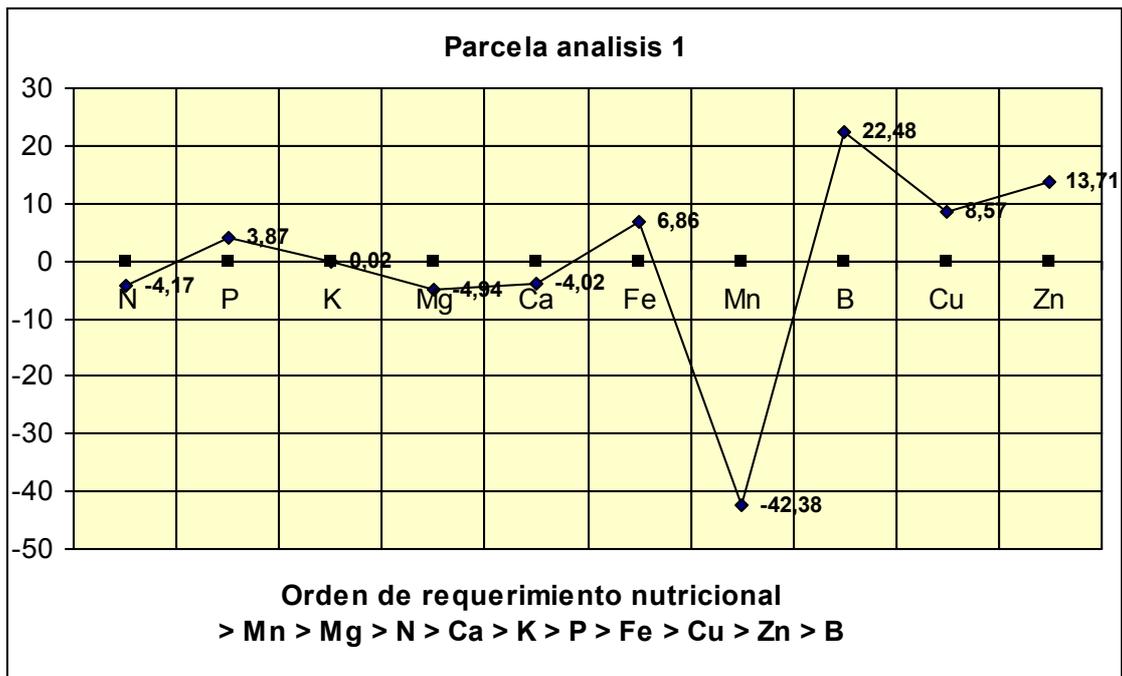
**Cuadro No 3. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

<b>Elemento</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>B ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>DOP-A1P</b>	1.27	21.88	11.82	-6.56	-9.09	34.83	-70.42	60.85	-79.08	14.46
<b>DRIS-A1P</b>	-4.17	3.87	0.02	-4.94	-4.02	6.86	-42.38	22.48	8.57	13.71

A1P=Análisis 1 parcela, ppm=Partes por millón

En el cuadro 3 se muestran los resultados del DOP, el cual solo determina el comportamiento de los elementos de manera individual podemos observar en el cuadro que los elementos mas negativos son el Cu y el Mn por lo tanto son los elementos mas requeridos por la planta, mientras que el elemento con mayor concentración es el B y es el elemento menos requerido. Los resultados del DRIS nos indican que hay una interacción entre los elementos por lo tanto nos da resultados distintos al DOP, dentro de los índices DRIS podemos ver que el elemento mas deficiente es el Mn esto ocasiona un desbalance del elemento mientras que el mejor elemento en equilibrio es el K.

**Grafica No 1. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



En la grafica 1 nos indican que el calcio es un elemento que es antagonista de Mg, al haber una deficiencia de Ca posiblemente podría deprimir la absorción de Mg genera un desequilibrio lo que afecta en aspecto iónico como el Mn, la absorción de Mg pudiera ser disminuida por la presencia de amonio y Ca, mientras que el Mg es un elemento antagónico del Mn es por eso que los niveles de este elemento esta muy bajo en este análisis. El calcio es fundamental para el desarrollo de las zonas meristemáticas y en su deficiencia provoca el cese del crecimiento, mientras que el magnesio forma parte de la estructura de la clorofila y es vital en el transporte de energía del metabolismo, por lo tanto es un elemento que se requiere en todas las etapas del cultivo.

## PARCELA ANALISIS 2

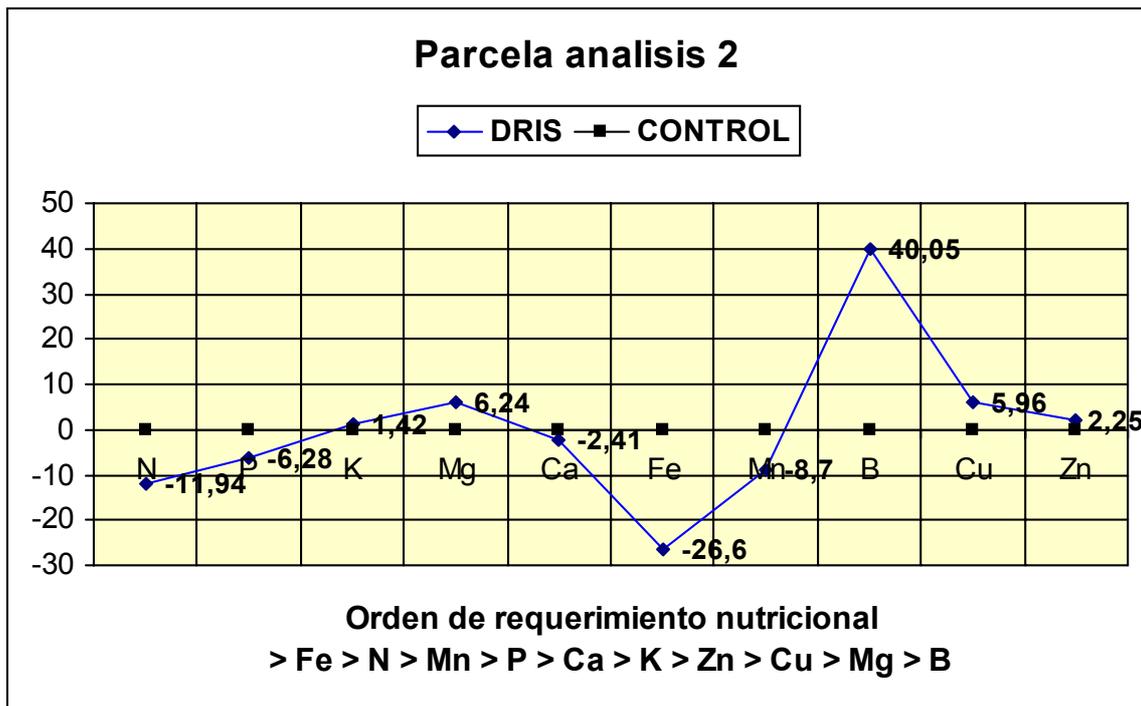
**Cuadro No 4. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

<b>Elemento</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>B ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>DOP-A2P</b>	-34.60	-28.13	-14.53	-6.56	-20.45	-68.23	-41.85	100.08	-84.00	-21.23
<b>DRIS-A2P</b>	-11.94	-6.28	1.42	6.24	-2.41	-26.60	-8.70	40.05	5.96	2.25

A2P=Análisis 2 parcela, ppm=partes por millón

En el cuadro 4 podemos observar que el DOP nos muestra en la mayoría de los elementos el signo negativo el cual significa una deficiencia de los elementos, excepto el B con un valor positivo, los resultados de DRIS nos indican un exceso en el B pero una deficiencia notable en el Fe y N mientras que el K es el elemento que mas se acerca al punto de control.

**Grafica No 2. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



Dentro de esta grafica se observa que el elemento más deficiente es el Fe. Mientras que el B que tiene un nivel alto y el Cu que esta ligeramente alto pueden influir en la absorción de Fe (Jones et al 1991). Se presenta otra disminución de Mn pudiera ser a un ligero exceso de Mg. En cuanto al K se encuentra en un nivel casi normal, esta en el nivel optimo según la norma de referencia.

### TESTIGO ANALISIS 1

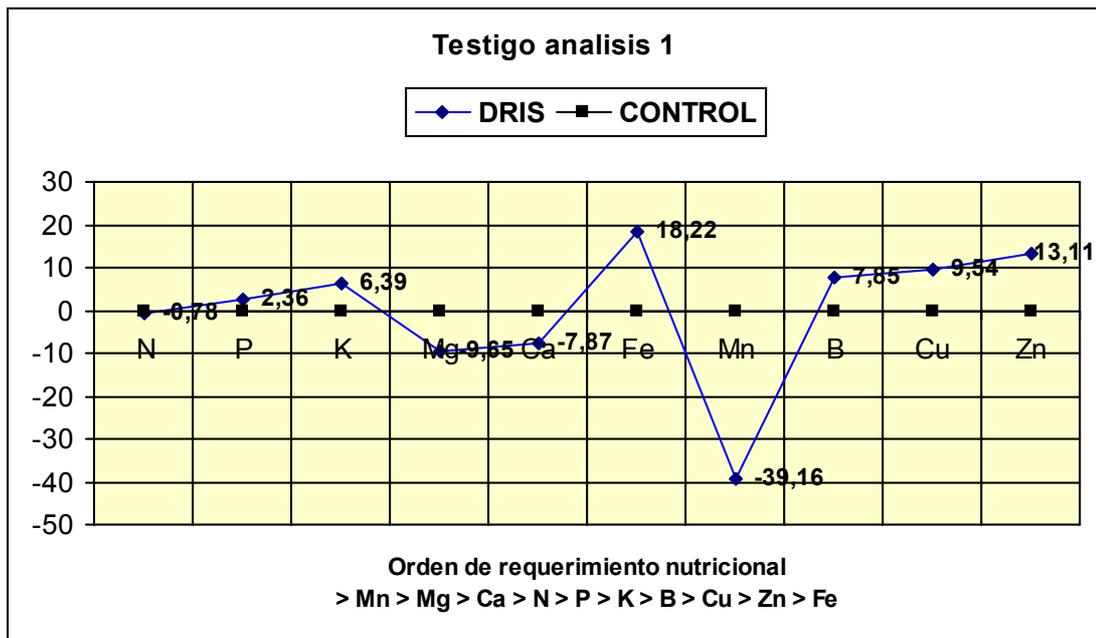
**Cuadro No 5. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 del testigo de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

A1T=Análisis 1 testigo, ppm=partes por millón

<b>Elemento</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>B ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>DOP-A1T</b>	-2,95	6,25	17,73	-24,59	-28,03	-98,25	-74,65	-13,69	2,53	-4,00
<b>DRIS-A1T</b>	-0,78	2,36	6,39	-9,65	-7,87	18,22	-39,16	7,85	9,54	13,11

Dentro de los valores del DOP el Fe y Mn son los valores más bajos mientras que el K es el valor más alto. En el DRIS observamos una deficiencia notable del Mn con respecto al Fe que nos indica el valor más alto esto debido a la interacción de los elementos.

**Grafica No 3. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 del testigo de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



Houghland 1964 dice que la deficiencia de Mn se reporta en suelos calcáreos porque bajo tales condiciones este elemento está en forma no disponible para las plantas. Forma compuestos no solubles. Otros elementos B y Zn se efectúan en forma similar por un exceso de carbonato de calcio. Se observa un ligero exceso de potasio lo cual pudiera tener efecto en el Ca y Mg, Jones, Wolf y mills (1991) mencionan que alta concentración de K provoca deficiencias de magnesio y calcio. También incrementa la movilidad y solubilidad de Fe en la planta, incrementa de forma indirecta la absorción de Fe. El incremento del Fe inhibe al Mn. Este tipo de inhibición puede ser reciproca (Norvell, 1998).

## TESTIGO ANALISIS 2

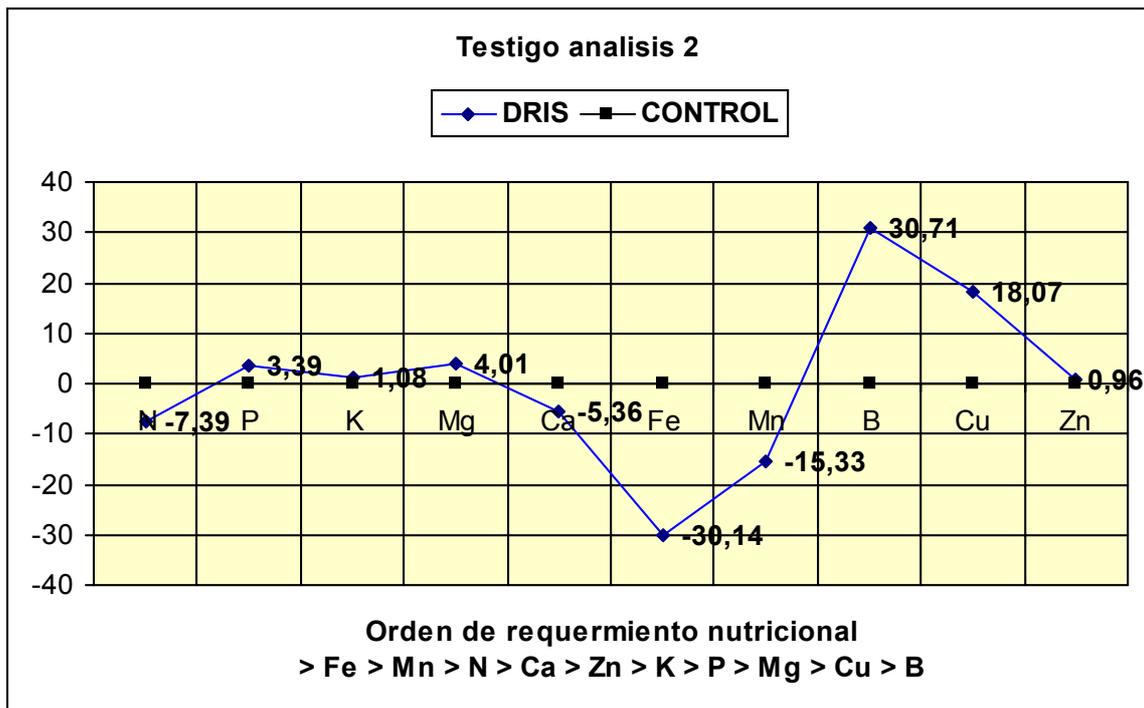
**Cuadro No 6. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 del testigo de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

<b>Elemento</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>B ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>DOP-A2T</b>	-26,16	-9,38	-13,55	-11,48	-28,03	-70,82	-55,53	60,85	23,03	-28,62
<b>DRIS-A2T</b>	-7,39	3,39	1,08	4,01	-5,36	-30,14	-15,33	30,71	18,07	0,96

A2P=Análisis 2 testigo, ppm=Partes por millón

En el cuadro anterior el DOP nos muestra una deficiencia en todos de los macroelementos debido a que los niveles del análisis de tejido están por debajo de las normas de referencia, dentro de los microelementos el B y Cu son los valores son mas altos. El DRIS nos marca que el K es el elemento mejor balanceado, por otra parte tenemos una deficiencia de N, Fe y Mn mientras que el B se encuentra en cantidades execivas.

**Grafica No 4. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 del testigo de la localidad 1 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



Como se observa en esta grafica el nivel de Fe presenta un desbalance pudiera ser a que en la figura se registraron altos índices de B y Cu, los cuales pudieran influir en la absorción de Fe a la planta, ocasionando una deficiencia del elemento. Se observa una deficiencia de calcio el cual pudiera ser afectado por K y Mg debido a la relación de estos tres elementos Jones, Wolf y mills (1991).

Dentro de la localidad 1 se concluye que los elementos que presentaron mas deficiencias nutricionales son Mn>Fe>Mg>N. Se observo que en el primer análisis tanto en la parcela como en testigo el fue Mn el elemento que presenta mayor deficiencia, mientras que el Mg es el segundo elemento deficiente.

En el segundo análisis de la parcela y testigo, el elemento más deficiente fue el Fe, siguiendo el Mn y N. También se concluye que el K es el elemento más estable en esta localidad.

**LOCALIDAD 2**  
**(Huachichil)**

**Cuadro No 7. Resultados de los análisis foliares de Papa Var. Gigant en la parcela y testigo de la localidad 2 tomados de Mayo-junio del 2005.**

<b>Elemento</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>B ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>A1P</b>	4,4	0.47	5.73	0.48	1,7	315,0	103,0	45,0	17,0	106,0
<b>A1T</b>	4,2	0.46	5.25	0,41	1,5	388,0	108,0	53,0	16,0	96,0
<b>A2P</b>	3,1	0,28	4,74	0,34	1,6	127	317	14	46	115
<b>A2T</b>	4,5	0,31	4,35	0,4	1,6	157	382	11	85	117

A1P=Análisis 1 parcela, A2P=Análisis 2 parcela, A1T=Análisis 1 testigo, A2T=Análisis 2 testigo, ppm=Partes por millón

Se puede observar que para el caso del P existe una diferencia mínima en el análisis 1, comparado con los niveles del análisis dos, con respecto a los macronutrientes, los valores del primer análisis tanto de la parcela como el testigo son mayores con respecto a los análisis numero 2, mientras que en el caso de los micronutrientes Mn, Cu y Zn, los valore son mayores para los análisis dos de la parcela y testigo.

### **PARCELA ANALISIS 1**

**Cuadro No 8. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

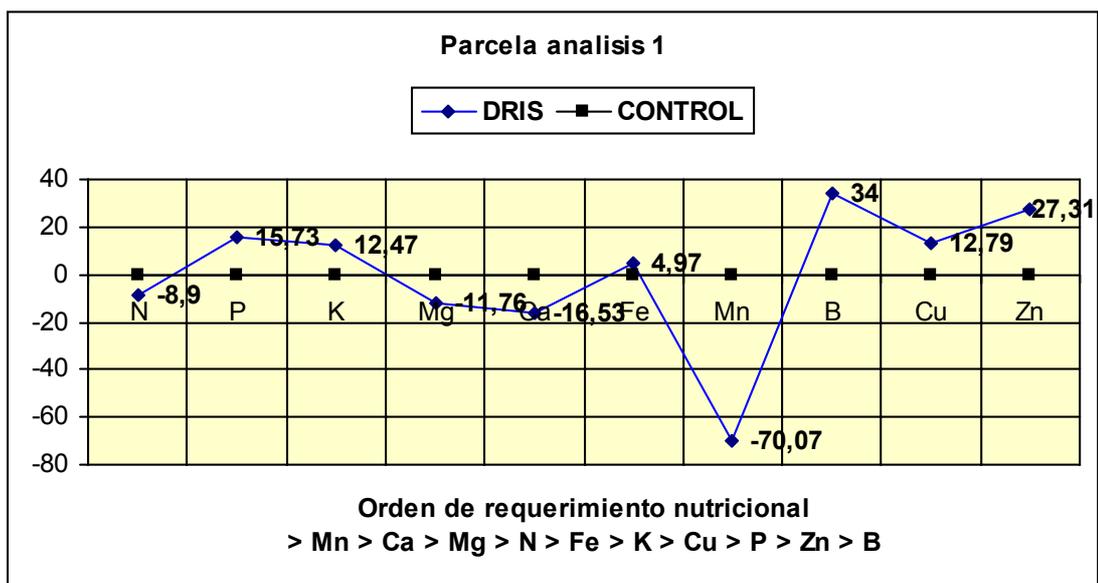
<b>Elemento</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>B ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>DOP-A1P</b>	-7,17	46,88	41,13	-21,31	-35,61	16,36	-79,28	76,54	16,20	30,46

<b>DRIS-A1P</b>	-8,90	15,73	12,47	-11,76	-16,53	4,97	-70,07	34,00	12,79	27,31
-----------------	-------	-------	-------	--------	--------	------	--------	-------	-------	-------

A1P=Análisis 1 parcela, ppm=Partes por millón

En el cuadro 8 muestra que dentro de los macronutrientes, el índice DOP del P y K es de valor muy alto, mientras que el N, Mg y Ca se encuentran en un estado deficiente para la planta. Respecto a los índices de los micronutrientes solo se tiene una deficiencia notable en el Mn. Los índices DRIS nos indican que el N, Mg y Ca están por debajo del punto de control por lo tanto los elementos no están balanceados.

**Grafica No 5. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



La grafica 5 indica un exceso de P y K, el cual pudiera influir en los niveles bajos del N que se observan en la figura, mientras que el K tiene una influencia notable en el Mg y Ca debido a la relación que existe entre estos tres cationes (Jones 1991). Se observa también una deficiencia notable de Mn. Norvell, 1988 menciona que adicionando fertilizantes de P puede reaccionar para formar productos de limitada solubilidad los cuales reducen la movilidad y disponibilidad de Mn.

## PARCELA ANALISIS 2

**Cuadro No 9. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

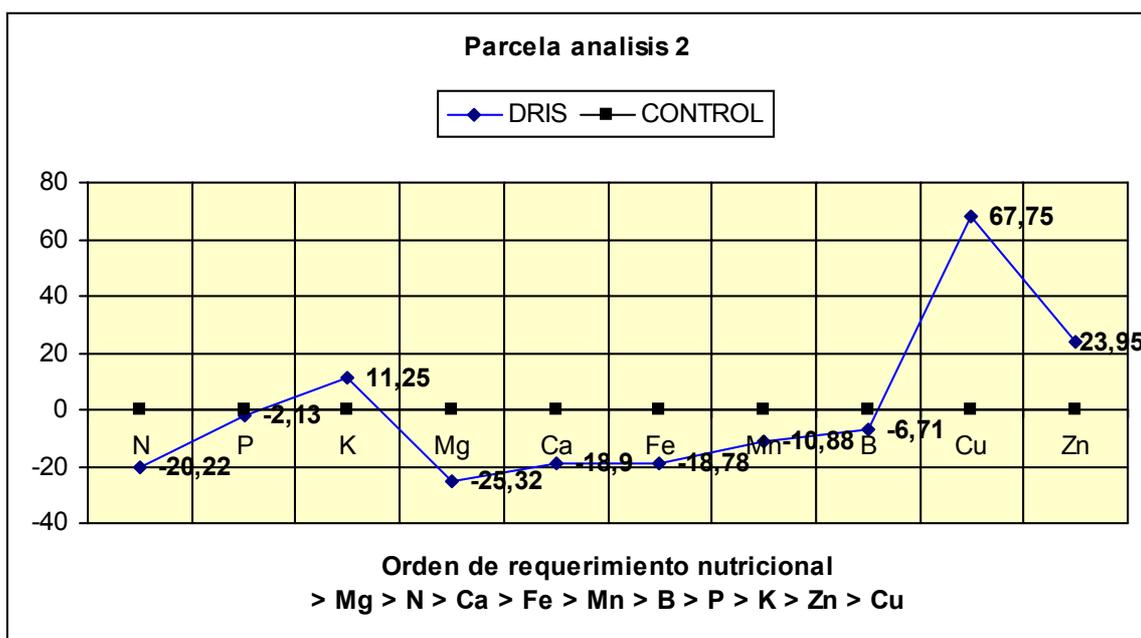
Elemento	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	Fe ppm	Mn ppm	B ppm	Cu ppm	Zn ppm
<b>DOP-A2P</b>	-34,60	-12,50	16,75	-44,26	-39,39	-53,09	-36,22	-45,08	214,42	41,54
<b>DRIS-A2P</b>	-20,22	-2,13	11,25	-25,32	-18,90	-18,78	-10,88	-6,71	67,75	23,95

A2P=Análisis 2 parcela, ppm=Partes por millón

El DOP indica que la mayoría de los elementos se encuentran limitados. Para el K el valor indica un exceso del elemento en la planta. En este mismo cuadro es posible observar que dentro de los micronutrientes, el Cu y Zn

también muestran un valor muy alto. El DRIS indica un desbalance en casi todos los elementos, en los cuales el N se encuentra en niveles muy bajos mientras que Cu registra niveles por encima del punto de control.

**Grafica No 6. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



La grafica muestra 6 un exceso de K, el cual pudiera relacionarse con la deficiencia de elementos como el Mg y Ca. Como se menciona en las graficas anteriores, también pudiera influir el K en la deficiencia de N. También se tiene un exceso de Zn, y una deficiencia de Fe. Excesivas cantidades de Zn deprime la absorción de Fe, lo que puede resultar en una deficiencia de Fe en la plantas (Jones *et al* (1991). Se observa una deficiencia mínima de B. Altos contenidos

de K en la planta acentúa un efecto negativo de los niveles bajos de B (Jones *et al* (1991). Los altos requerimientos de Cu pueden ser por efecto de dilución causado por el crecimiento de las plantas, además el cobre en la planta puede interferir con el metabolismo del Fe, que puede dar lugar al desarrollo de una deficiencia del Fe, Jones *et al* (1991).

## TESTIGO ANALISIS 1

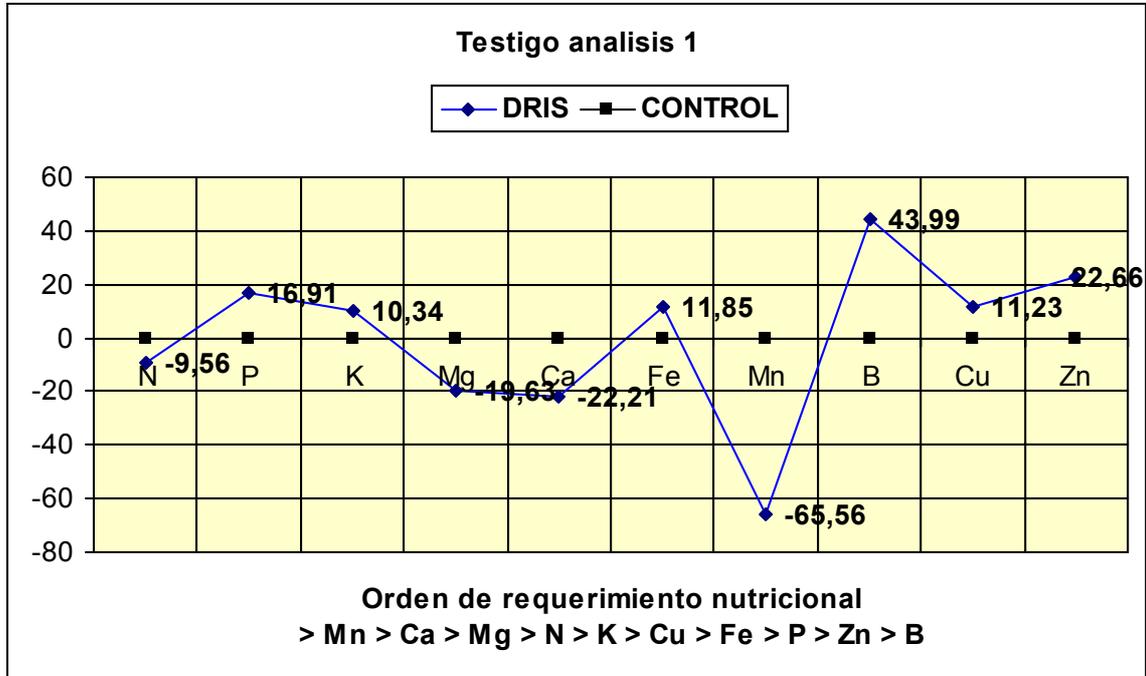
**Cuadro No 10. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 del testigo de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

Elemento	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	Fe ppm	Mn ppm	B ppm	Cu ppm	Zn ppm
<b>DOP-A1T</b>	-11,39	43,75	29,31	-32,79	-43,18	43,32	-78,27	107,92	9,36	18,15
<b>DRIS-A1T</b>	-9,56	16,91	10,34	-19,63	-22,21	11,85	-65,56	43,99	11,23	22,66

A1T=Análisis 1 testigo, ppm=Partes por millón

Los índices DOP presentes en el cuadro 10 indican que para los macroelementos N, Mg y Ca los valores son altos. El P y K indican que los niveles están en exceso. El DRIS nos marca un Desbalance negativo en los elementos N, Mg, Ca, y Mn, por lo que es notable que los elementos no estén balanceados.

**Grafica No 7. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 del testigo de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



Dentro de la figura 7 se observa que los niveles de Mg y Ca son bajos esto debe ser por los altos niveles de K en la planta, El K incrementa la movilidad y solubilidad del Fe en la planta e incrementa de forma indirecta la absorción de Fe. Se observa un exceso de P en la planta pudiendo interferir también sobre el N ya que se presenta una deficiencia como se observa en la planta, también se observa una deficiencia notable de Mn.

### TESTIGO ANALISIS 2

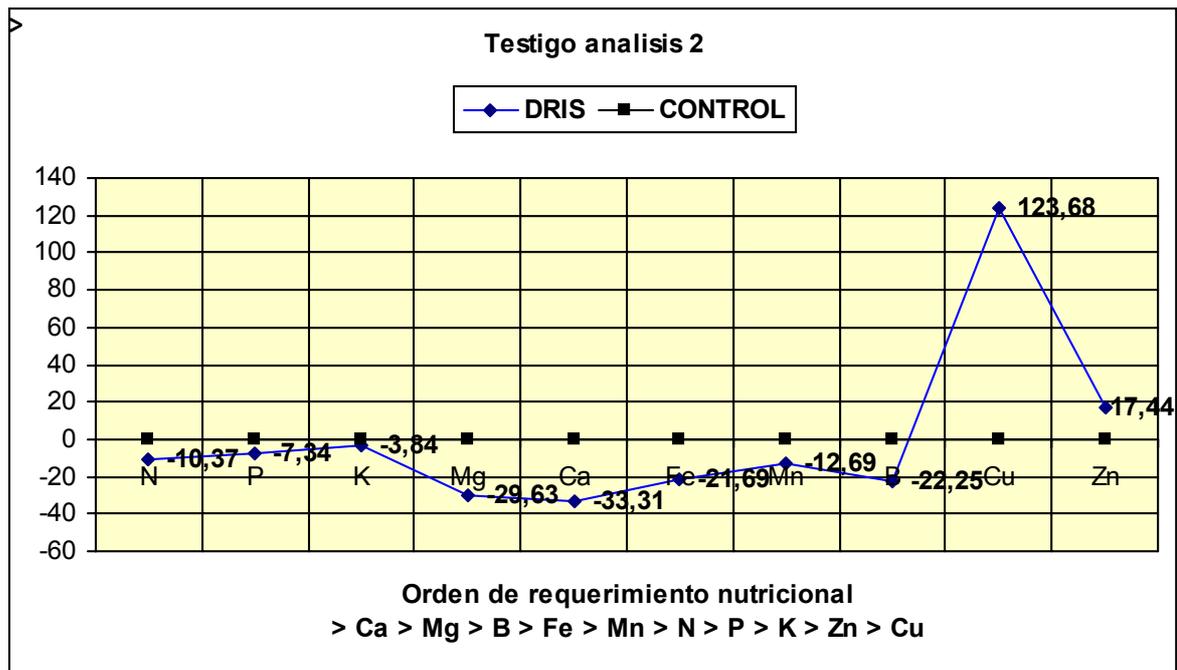
**Cuadro No 11. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 del testigo de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

<b>Elemento</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>B ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>DOP-A2T</b>	-5,06	-3,13	7,14	-34,43	-39,39	-42,01	-23,14	-56,85	481,00	44,00
<b>DRIS-A2T</b>	-10,37	-7,34	-3,84	-29,63	-33,31	-21,69	-12,69	-22,25	123,68	17,44

A2P=Análisis 2 testigo, ppm=Partes por millón

En el cuadro anterior el DOP indica que el K tiene el único valor dentro de los macronutrientes que no se encuentra limitado sino que se encuentra en exceso. Cuando un valor del DOP este en equilibrio el resultado debe ser igual a cero. Por otra parte el DRIS, marca un desbalance notable entre los elementos debido a que los resultados están por debajo del punto de control, que también es cero. El cuadro también muestra que los valores del Cu y Zn son muy altos con respecto al punto de control.

**Grafica No 8. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 del testigo de la localidad 2 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



En la grafica se observa que los niveles de Cu son muy altos a niveles que son tóxicos para la planta. Altos niveles de Cu influyen en la absorción de Fe en la plantas. El cobre en la planta puede interferir con el metabolismo del Fe, lo que puede dar lugar al desarrollo de una deficiencia del Fe (Jones *et al* (1991).

Se observa que el K se acerca al punto de control mientras que los niveles de Ca y Mg presentan una deficiencia, lo que puede ser debido a la influencia del K sobre estos dos elementos. Se observa un exceso de Zn, que deprime la absorción de Fe pudiendo resultar una deficiencia de Fe en la planta (Jones *et al* (1991). Para de esta localidad se concluye que los elementos mas deficientes fueron Mn>Mg>Ca. Se observó que estos elementos se comportaron de igual manera en la parcela y en el testigo dentro del primer análisis. En esta localidad es más notable una deficiencia de calcio en el tejido, comparado con los de la localidad 1.

### LOCALIDAD 3

(San Rafael)

**Cuadro No 12. Resultados del análisis foliar de Papa Var. Gigant en la parcela de la localidad 3 tomados de Julio-Agosto del 2005**

<b>Elemento</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>B ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>A1P</b>	4,5	0,30	4,7	0,58	2,1	93,0	86,0	39,0	11,0	75,0
<b>A2P</b>	2,8	0,49	3,85	0,66	1,8	85	182	38	15	60

A1P=Análisis 1 parcela, A2P=Análisis 2 parcela, ppm=Partes por millón

Este cuadro muestra que los valores del N se encuentran más altos en el análisis 1 que en el análisis 2. Por otra parte los valores del P en el análisis 1, se encuentran muy cerca de la norma de referencia, que nos marca un 0.32% mientras que para el análisis 2 los niveles esta por encima de la norma. Dentro del análisis 1, los valores de los macronutrientes se encuentran mejor balanceados ya que los valores se acercan a las normas de referencia.

### **PARCELA ANALISIS 1**

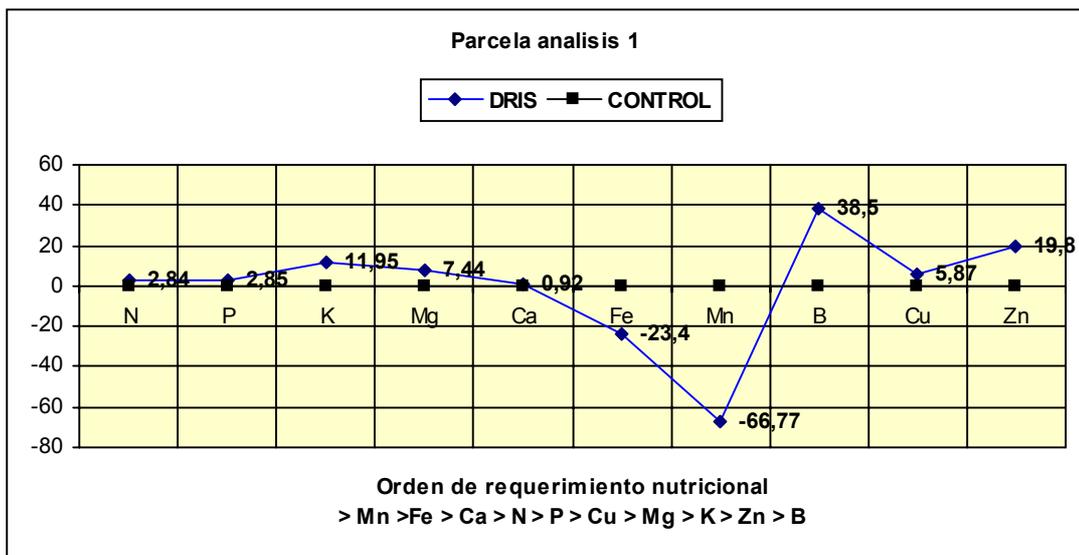
**Cuadro No 13. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 3 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

<b>Elemento</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>B ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Zn ppm</b>
<b>DOP-A1P</b>	-5,06	-6,25	15,27	-4,92	-20,45	-65,65	-82,70	53,00	-24,81	-7,69
<b>DRIS-A1P</b>	2,84	2,85	11,95	7,44	0,92	-23,40	-66,77	38,50	5,87	19,80

A1P=Análisis 1 parcela, ppm=Partes por millón

Los resultados del DOP muestran que el K es el único elemento de los macronutrientes que no está deficiente, mientras que por parte de los micronutrientes, el B tampoco está deficiente sino en exceso; el resto de los elementos se encuentran en déficit, indicado por el signo negativo. El DRIS indica que los niveles están por encima del punto de control excepto los elementos menores que son el Fe y Mn. El Ca es el elemento que se encuentra mejor equilibrado en el tejido.

**Grafica No 9. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 1 de la parcela de la localidad 3 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



Se observa que los niveles de N, P, Mg y Ca no son muy altos, mismos que se acercan al punto de control, mientras que el nivel de K se encuentra ligeramente alto; en tanto que para los micronutrientes el valor del B es muy alto. En la grafica también se observa que el Fe esta deficiente en la planta, pudiendo ser por los altos niveles de Zn. (Jones *et al* (1991) cita que un exceso de Zn deprime la absorción de Fe.

## PARCELA ANALISIS 2

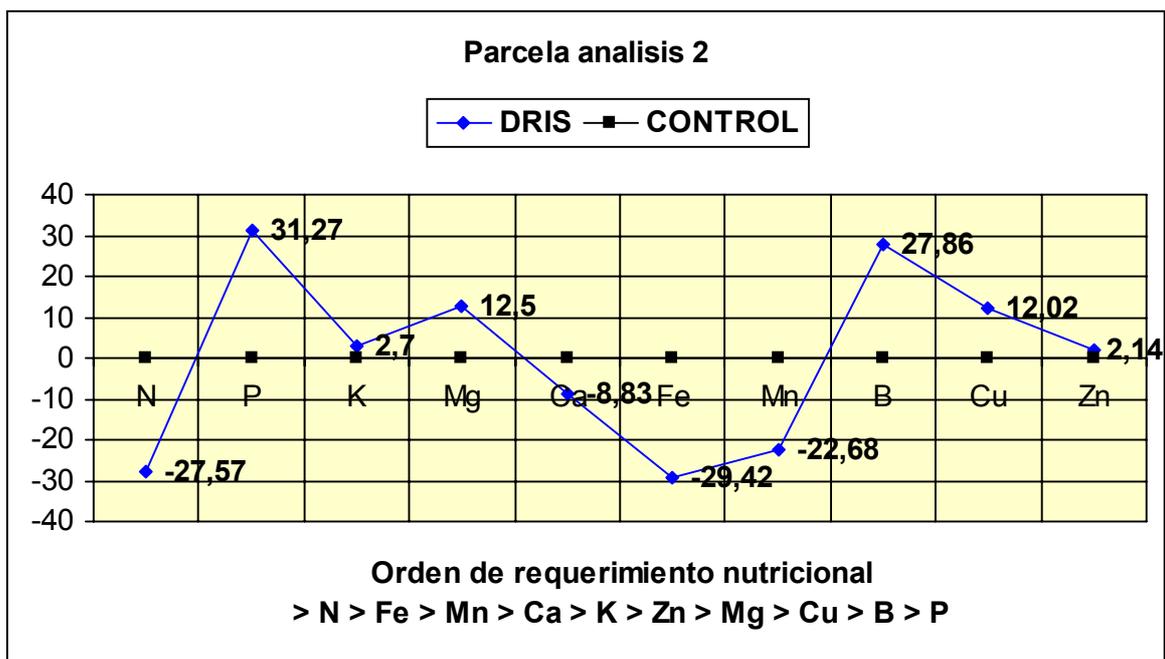
**Cuadro No 14. Resultado de los índices del DOP y DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 3 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**

Elemento	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	Fe ppm	Mn ppm	B ppm	Cu ppm	Zn ppm
<b>DOP-A2P</b>	-40,93	53,13	-5,17	8,20	-31,82	-68,60	-63,38	49,08	2,53	-26,15
<b>DRIS-A2P</b>	-27,57	31,27	2,70	12,50	-8,83	-29,42	-22,68	27,86	12,02	2,14

A2P=Análisis 2 parcela, ppm=Partes por millón

En el cuadro anterior, los resultados del DOP indican que se tiene un valor alto en el caso del P dentro de los macronutrientes, mientras que el N, K y Ca se muestran como elementos en déficit. Con respecto los micronutrientes el Cu es el elemento que más se acerca al punto de control. El DRIS nos indica que el nitrógeno registra el valor mas bajo. Mientras que el P se encuentra en cantidades altas en la planta, el K y Zn se acerca al punto de control con un nivel medio.

**Grafica No 10. Comportamiento de los índices DRIS del análisis 2 de la parcela de la localidad 3 en el cultivo de Papa Var. Gigant.**



En la grafica anterior se observa que el nivel del N es bajo debido a que en los resultados del análisis de tejido mostró un valor muy bajo con respecto a la norma, ocasionando una deficiencia de N en la planta. Los niveles de Ca son bajos probablemente debido a la relación que existe con el K y Mg. Se observa que el Fe esta muy deficiente en la planta, mientras que los niveles de P son muy altos, situación que pudiera también influir en las deficiencias del N.

Tanto el Fe como el Zn y el Mn se ven bloqueados cuando el pH de los suelos es calcáreo o muy alcalino por lo que dichos elementos deberán aportarse para evitar deficiencias.

En esta localidad se determinó que existe una deficiencia notable de Fe>Mn>Ca. Se comprueba que en esta localidad los niveles de Mg son buenos comparado con las localidades 1 y 2, donde no se aplicó Mg en la fertilización de fondo. En esta localidad se presenta una deficiencia de Fe en los dos análisis realizados al cultivo. La deficiencia de este elemento se presentó más en la localidad 1 y 3 mientras que en la localidad 2 se mostró estable.

Los niveles de N en las tres localidades en lo que se refiere al segundo análisis tanto en parcelas como en testigos, son deficientes debido a que este elemento es más requerido en las primeras etapas del cultivo que en las fases fenológicas finales del mismo, siendo más requerido en las fases finales el K.

León (2002) encontró que la concentración en los análisis de tejido realizados en el cultivo de papa en la variedad Gigant, en la mayoría de los elementos fue satisfactoria, solo los niveles de Mg, Ca y Fe fueron bajos en los análisis realizados, especialmente el Fe.

## II. Comportamiento de los componentes del rendimiento

**Cuadro No 15. Comportamiento medio de los componentes de rendimiento evaluados.**

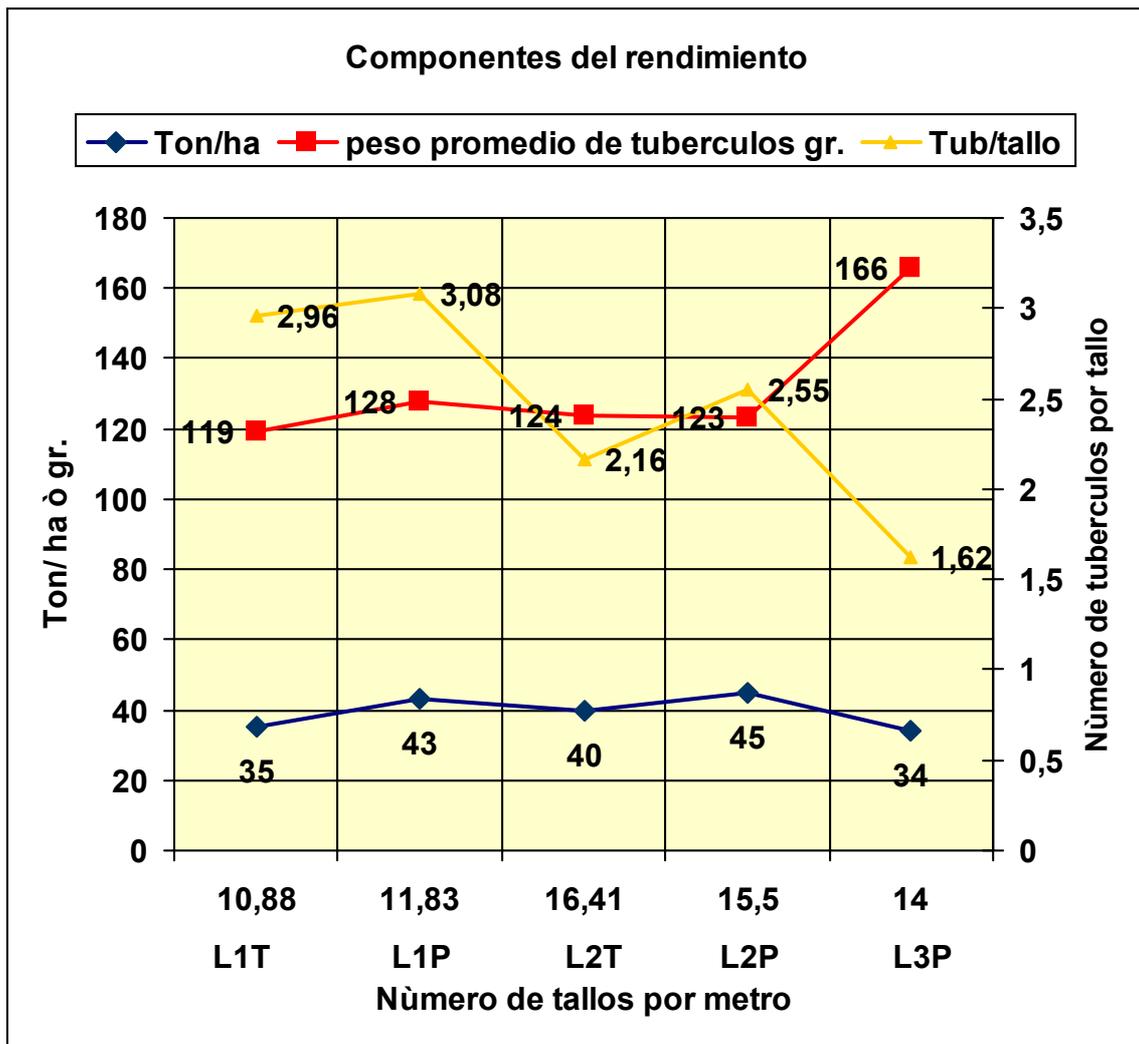
<b>Tratamientos</b>	<b>Número de Tallos por metro</b>	<b>Tubérculos por tallo</b>	<b>Peso promedio de tubérculos (gr.)</b>
<b>Localidad 1 <i>Valle hermoso</i></b>			
<b>Testigo</b>	10.88	2.97	119
<b>Parcela</b>	11.83	3.08	128
<b>Diferencia</b>	0.95	0.11	9
<b>Localidad 2 <i>Huachichil</i></b>			
<b>Testigo</b>	16.41	2.16	124
<b>Parcela</b>	15.5	2.55	123
<b>Diferencia</b>	0.91	0.39	1
<b>Localidad 3 <i>San Rafael</i></b>			
<b>Parcela</b>	15.25	1.53	167

El cuadro anterior muestra es en si, los componentes del rendimiento en los que se refiere a numero de tubérculos por tallo y peso promedio, la diferencia es mínima por lo que se confirma la estabilidad genética de las características agronómicas principales de la variedad Gigant.

Domínguez, (1997). Menciona que el P que se absorbe durante la etapa de desarrollo vegetativo determina en gran medida el desarrollo del número de tubérculos por planta que se determina durante el crecimiento inicial del cultivo.

Alonso, (1996) indica en ciertos experimentos ha visto que dosis altas de P aumentan el numero de tubérculos producidos por planta.

**Grafica No 11. Comportamiento de los componentes del rendimiento de las tres localidades.**



L1T=Localidad1testigo, L1P=Localidad1parcela, L2T=Localidad2testigo, L2P=Localidad2parcela, L3P=Localidad 3 parcela,

En la grafica se observa que existe una relación importante entre el peso promedio de los tubérculos y el número de tubérculos por tallo.

Al aumentar el número de tubérculos por tallo se reduce el peso promedio de los tubérculos, ya que existe una mayor competencia que limita obtener tubérculos de mayor uniformidad y peso.

### Localidad 1 *Valle hermoso*

Los principales elementos en la etapa inicial del cultivo de papa son N, P, K el cual definen en cierta forma el comportamiento de los componentes principales del rendimiento.

En cuanto a los componentes del rendimiento en lo que se refiere a: Número de tallos por metro se observo que el testigo tuvo 10.88 tallos mientras que la parcela tuvo 11.83, con una diferencia de 0.95 dentro de la parcela se aplico 100 lts/ha de fertigro 8-24-00. En los resultados de los análisis de tejido se observa que los niveles de N, P y K dentro del primer análisis de la parcela, están por encima de la norma de referencia en niveles mínimos, la aplicación del fertigro incremento los niveles de P en la planta, por lo tanto tuvo el P suficiente para que realizara las funciones, principalmente en el componente de tubérculos por tallo, por lo tanto se comprueba la eficiencia del producto aplicado. La relación P/N es mayor que la norma de referencia y que el testigo.

Con respecto al peso promedio de los tubérculos fue de 128 gr para la parcela mientras que para el testigo fue de 119 gr. Con una diferencia de 9 gr. Los principales elementos que influyen en este componente son N, P y K, Mg y Ca los cuales estuvieron en niveles favorables por lo tanto se ve reflejado en este componente. La relación que existe en K/N es mayor en los dos análisis de la parcela con respecto a la norma, pudiendo explicar la diferencia en peso del testigo y la parcela.

Domínguez, 1997. Dice que para obtener un alto rendimiento en un cultivo de papa, los niveles de N, P y K, Mg y Ca deben estar dentro de unas cifras razonables y equilibradas.

Los niveles de Mg y Ca esta en equilibrio con los demás macronutrientes, El magnesio es un macronutriente que tiene su mayor importancia sobre la síntesis de clorofila. La relación que se encuentra en entre Ca/Mg es buena comparada con las normas de referencia.

En tanto el testigo presento un comportamiento diferente comparado con la parcela en los tres componentes principales peso promedio, tubérculos por tallo y tallos por metro.

Dentro del análisis 1 del testigo se observo que los niveles de N están ligeramente bajos con respecto a la norma y comparado con la parcela, mientras que los niveles de P estaban igual que la norma de referencia con 0.32, pero menor que la parcela con 0.4, esto pudo repercutir en el número de tallos y de tubérculos por tallo.

La relación que existe entre P/N del testigo esta igual que la norma, analizando esta relación se observa que la relación P/N de la parcela es mayor, por lo tanto se explica la diferencia de tubérculos por tallo en el testigo.

Cabe mencionar que una buena semilla tiene una influencia importante ya que una semilla sana y con buen vigor asegura una buena producción lo demás depende del manejo que se le da al cultivo (manejo de humedad, nutrición del cultivo etc.).

## **Localidad 2 Huachichil**

En esta localidad en lo que se refiere número de tallos por metro la diferencia fue mínima con .91. En esta localidad también se aplico 100 lts/ha de fertigo 8-24-00 al momento de la siembra.

Analizando los resultados de los análisis de tejido de la parcela y al compararlo con las normas de referencias establecidas se muestra que los resultados de P y K son altos, mientras que el N esta ligeramente bajo pero con los niveles altos de P y K los niveles de N no son suficientes y por lo tanto existe un desbalance en las primeras etapas. Las relaciones que existen entre P/K están al nivel óptimo según las normas de referencia, mientras que la relación N/P y N/K es bajo, la relación P/N y K/N están altas según las normas. Dentro de la parcela se obtuvieron 2.55 tubérculos por tallo pudiera ser

porque la planta contó con el P suficiente que esta ligeramente alto con respecto al testigo, pudiendo observar la eficiencia del producto. Un adecuado nivel de Nitrógeno en los tejidos se traduce en lograr plantas vigorosas de buen tamaño, con una buena coloración verde, bien ramificadas. La deficiencia de este elemento se traduce en tallos delgados, entrenudos cortos, debilidad de las plantas, raíces pobres, palidez y amarillamiento del follaje, frutos pequeños, maduración acelerada, flores débiles.

El cultivo de papa requiere suficiente N durante la etapa de crecimiento y la tuberización, su principal función en la planta son la síntesis de aminoácidos, proteína y clorofila. El N es necesario a lo largo de todo el ciclo, esencialmente en la fase vegetativa. Pearson, (1982), menciona que un nivel adecuado de este elemento, la planta formara mas follaje, repercutiendo en la tuberización.

En cuanto al peso promedio es relativamente igual en la parcela y en el testigo, con una diferencia de 1 gr. Al comparar las relaciones K/N en la parcela y testigo existe una diferencia mínima.

Las plantas deficientes de K presentan un rendimiento reducido, sistema radical y tallos débiles y estolones cortos.

Dentro del testigo se comporta de manera similar a la parcela los niveles de P y K son mas altos que la norma pero menor que los valores de la parcela, pudiendo explicar la diferencia en rendimiento. Los niveles de N son bajos comparados con las normas de referencia y la parcela.

### **Localidad 3 *San Rafael***

Esta localidad se comporto muy diferente comparado con las localidades 1 y 2. En el primer análisis los niveles de N y P están ligeramente bajos mientras que los niveles de K esta ligeramente altos. El P influye principalmente en el número de tubérculos por tallo, revisando los niveles en el análisis de tejido se observa que esta ligeramente bajo. La relación que existe entre N/P es ligeramente alta comparado con la norma establecida, mientras que la relación

K/P también es alta, por otra parte la relación P/N y P/K es bajo en los dos casos, por lo tanto se concluye que la disminución de tubérculos por tallo se debe a que la planta no contó con el P necesario para la formación de tubérculos como se observa en las localidades 1 y 2.

Narro, (1995) menciona que el P se requiere con mayor importancia durante el crecimiento inicial y al final de la tuberización, las plantas deficientes ocasionan pobre crecimiento de raíces y estolones y por lo tanto se ve afectado el componente de tubérculos por tallo.

Alonso (1996), menciona que el P contribuye a adelantar la tuberización y también produce un desarrollo más temprano del cultivo.

En cuanto al peso promedio fue de 166 gr. Se observo que el nivele de N en el segundo análisis estaba deficiente casi en un 50% lo que origino un planta sin vigor, la relación N/K en el segundo análisis fue menor comparado con la norma, esta relación pudiera responder al comportamiento del peso en los tubérculos en esta localidad.

De acuerdo a Gargantini et al. (1963) la mayor cantidad de P está presente en los tubérculos y después en las hojas y en los tallos. A los 40 días, la planta de papa ya ha absorbido el 80% del total de P: posteriormente se produce la translocación de los órganos aéreos y subterráneos hacia los tubérculos. Considerando que el P no es lixiviado y que el cultivo lo requiere especialmente en su primer desarrollo, se recomienda que el elemento este disponible desde el inicio de su desarrollo. En lo que se refiere al número de tallos por metro pudiera responder a que la calidad de la semilla influye sobre este componente.

### III. Rendimiento total por localidad

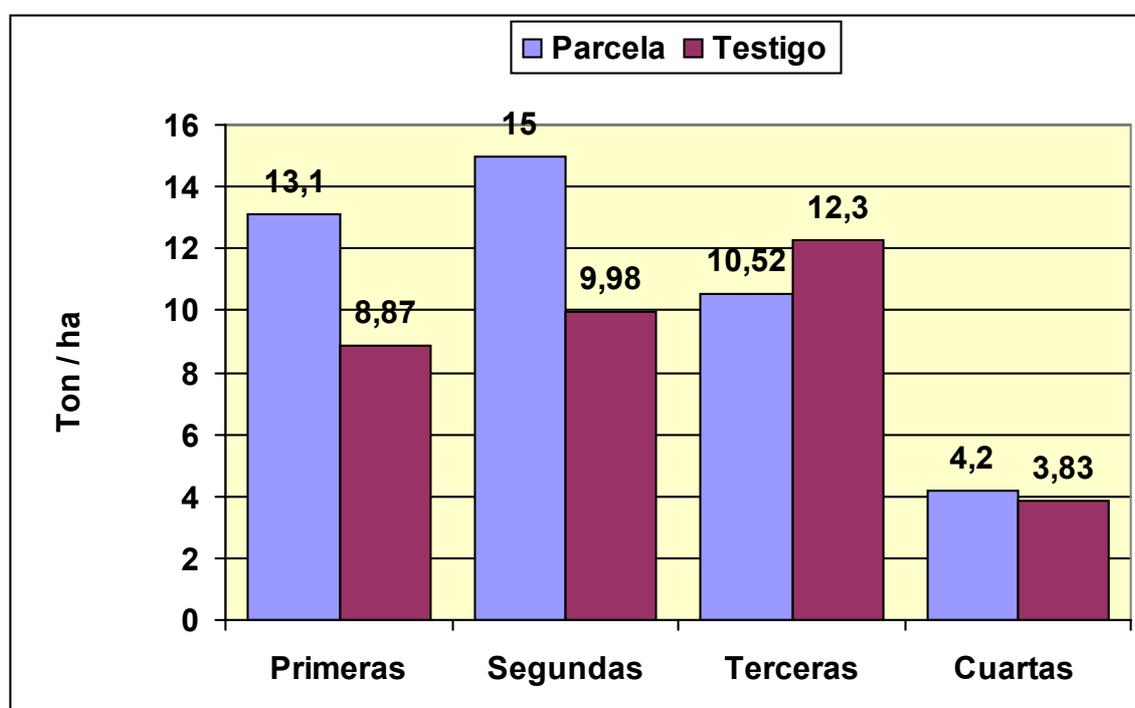
**Cuadro No 16. Clasificación de Tubérculos por tamaño**

Calidad	Diámetro (mm)
---------	---------------

Primera	1 <sup>a</sup>	85 a 55
Segunda	2 <sup>a</sup>	55 a 35
Tercera	3 <sup>a</sup>	35 a 28
cuarta	4 <sup>a</sup>	Menor de 28

**Localidad 1**  
**Valle hermoso**

**Grafica No 12. Rendimiento de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> por hectárea de la localidad 1**



En la grafica 11 se observa que el rendimiento de primeras y segundas de la parcela fue superior que el testigo con una diferencia de primeras de 4.23 ton/ha y de segundas fue de 5.02 ton/ha. Mientras que en el caso de las terceras fue mayor el rendimiento en el testigo que en la parcela con una diferencia de 1.78 ton/ha. En el caso de las cuartas el rendimiento fue de mínimo con una diferencia de la parcela de 0.37 ton/ha.

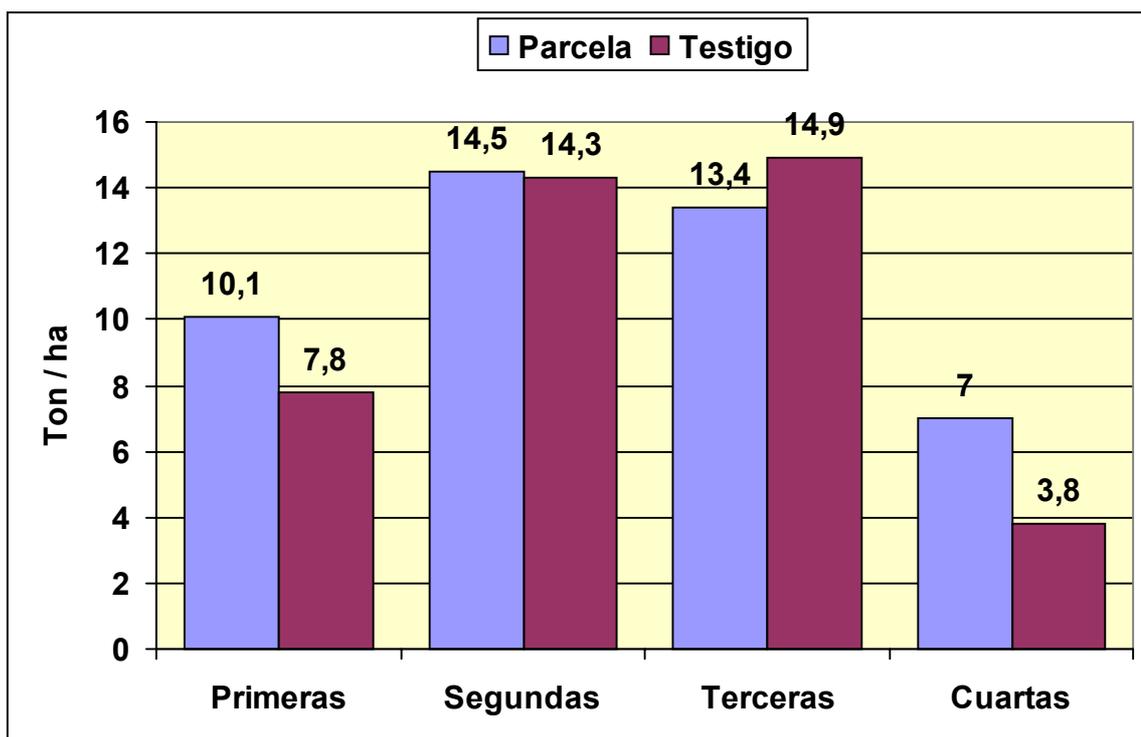
León (2002) encontró que la respuesta en rendimiento de la aplicación del fertilizante fosforado con ácidos orgánicos es clara, ya que existe una diferencia mayor de 3 ton/ha entre tratamientos mostrándose un favor del fertilizante líquido, asentada esta diferencia principalmente en la producción de papa de primera.

Esto se compara con los resultados obtenidos en las localidades 1 y 2 para la variable rendimiento ya que existe una diferencia significativa en cuanto al número de primeras debido a la aplicación del fertilizante fosforado.

## **Localidad 2**

### ***Huachichil***

**Grafica No 13. Rendimiento de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> por hectárea de la localidad 2**



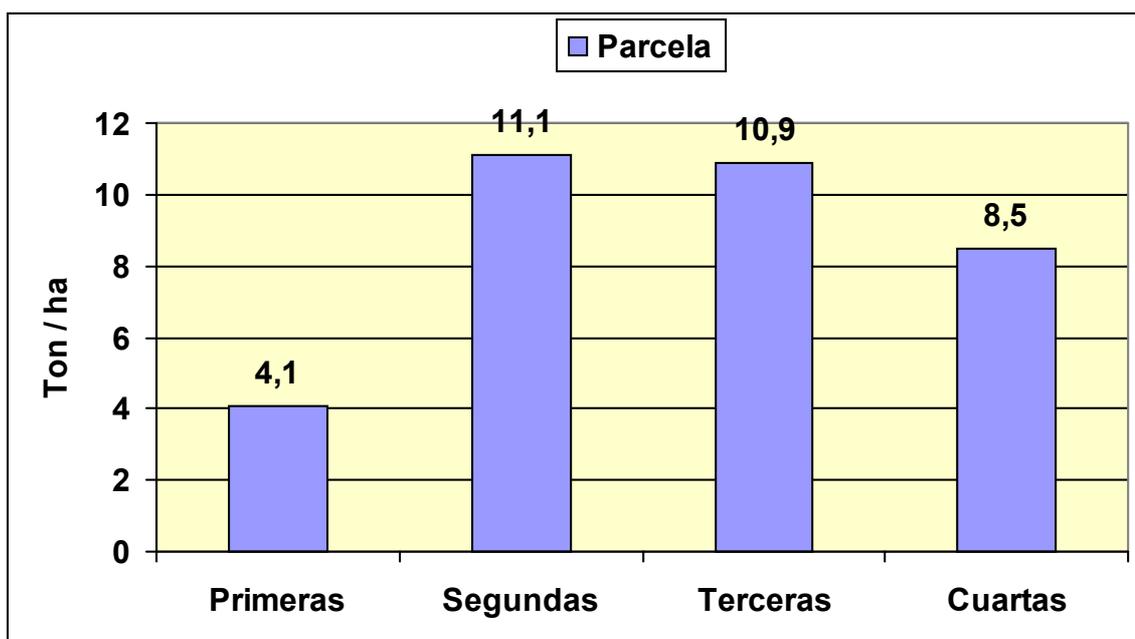
En esta grafica se observa que el rendimiento en el primer y cuarto tamaño seleccionado es mayor en la parcela que en el testigo, mientras que el segundo tamaño es relativamente igual con 14.5 y 14.3.

En el tercer tamaño el testigo fue superior que la parcela con una diferencia de 1.5 ton/ha, Se observa mayor número de primeras en la parcela con 2.3 ton/ha de diferencia con respecto al testigo.

### Localidad 3

### San Rafael

**Grafica No 14. Rendimiento de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> por hectárea de la localidad 3**



En la localidad 3 se observa que el segundo y tercer tamaño de tubérculos fueron los mas altos con rendimientos de 11.1 y 10.9 ton/ha, mientras que el cuarto tamaño presenta un rendimiento de 8.5 ton/ha. En el caso de las primeras, se obtuvo un rendimiento bajo comparado con las dos localidades anteriores.

Dentro del diseño experimental de bloques al azar que se realizo para la variable rendimiento se obtuvo un C.V. de 5.20%.- La prueba de promedios nos dio los siguientes resultados.

**Cuadro No 17. Tabla de comparación de medias**

Tratamiento	Media	
4	45	A
2	43	A
3	40	AB
1	35	BC

<b>5</b>	<b>34</b>	<b>C</b>
<b>Nivel de significancia = 0.01</b> <b>DMS= 5.6140</b>		

La prueba de medias nos indica que las mejores parcelas son la 4 y 2 en las cuales se aplicaron 100 litros de Fertigro 8-24-00 a la siembra lo cual se comprueba la eficiencia del producto.

### **CONCLUSIONES**

- De acuerdo al manejo que los productores le dan al cultivo de papa en la región, se determina que el estado nutricional del cultivo de papa en el sureste de Coahuila, esta afectado principalmente por los elementos Mn, Mg, Ca y Fe.
- Comparando las dos metodologías se concluye que el DRIS es más eficiente para el diagnóstico nutricional, debido al efecto de interacción que existe entre los elementos.
- Dentro de los resultados obtenidos se comprueba que hubo un incremento en el rendimiento de las parcelas de la localidad 1 y 2, debido a la aplicación del Fertigro 8-24-00 con una dosis aplicada de 100 Lts/ha.

- Se encontró que para la localidad 1 y 2 la respuesta es similar en cuanto a deficiencia de los mismos elementos mientras que en la localidad 3 no se tuvieron deficiencias de Mg debido al tipo de suelo que se encuentra en esta localidad.

#### **Literatura Citada**

Aguilar, S.A., Etcheveres, B.J.D. y Castellanos R.J. 1987. Analisis quimico para evaluar la fertilidad de suelos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. UACH. Chapingo, Mexico.

Aldrich, D. R. 1973. Plant analysis. Problems and opportunities. In L.M. Walsh and J.D. Beaton (eds.) Soil Testing and Plant Analysis. SSSA Inc. Madison Wisconsin USA. P. 213-221.

Alonso A. F. 1996. El cultivo de la patata. Ediciones Mundi- Prensa. México. Pp 33-34.

Beaufils, E. R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Soil Sci. Bull. No.2. University of Natal, S. Africa.

Buckman, O. H. y Brady, C. N. 1985. Naturaleza y Propiedades de los suelos. Edit. UTEHA. México.

Castellanos, J.Z. 1997. Evaluación del estado nutrimental del suelo y de los cultivos ferti-irrigados. Memorias segundo simposium internacional de ferti-irrigación. Querétaro México. Pp 51-52.

Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15: 997-1006.

Donahue; R. L., R.W. Millar, J. C. Shickluna, 1997. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. México p. 240-245.

Dow, A.I. and Roberts, J. 1982 Proposal: Critical nutrient rences for crop diagnosis Agron. J. 74: 401-403.

Eibner, R. 1986. Foliar fertilization, importance and prospects in crop production. pp. 3-13. *In*: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.

Etchevers, BJD 1985. Notas de clases. Curso de Técnicas de análisis químico de suelo y planta. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.

Etchevers, BJD 1988. Análisis químico de suelo y plantas. Notas de clase. Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.

Etchevers, BJD 1997. Evaluación del estado nutrimental del suelo y de los cultivos ferti-irrigados. Memorias segundo simposium internacional de ferti-irrigación. Querétaro México. Pp 51-52.

Fregoni, M. 1986. Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. pp. 205-211. *In*: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.

- García S. J. G. 2002. Establecimiento de normas dris y diagnostico nutricional para el cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León. Memorias del segundo simposium nacional de horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila,
- Houghland, G.V. 1964. Nutrient deficiencias in the potato In: Howard (Ed.) Hunger signs in crops. David McKay Company. New Cork. Pp. 221-232.
- Howeler, H.R. 1983. Análisis de tejido Vegetal en el Diagnostico de Problemas nutricionales, Algunos Cultivos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Jones, J.B.Jr. 1985. Soil testing and plant analysis. Guide to the fertlization of horticultural crops. In: J. Janick (Ed.) Hort. Reviews. AUI Pub. U.S.A.
- Jones, J. B., B. Wolf, and H.A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-macro Publishing, Inc. U.S.A.
- León C. G. 2002. Evaluación de los componentes del rendimiento del cultivo de papa (*Solamun tuberosum L.*) Var, Gigant bajo dos condiciones de fertilización en Saltillo, Coahuila, Tesis Licenciatura UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Letzsch, W. S. 1984. Standarized diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) data banks. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 16: 339-347.
- Letzsch, W. S. and M. E. Sumner, 1984. Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms.

- Mackay, D. C., J. M. Carefoot and T. Entz. 1987. Evaluation of the DRIS procedure for assessing the nutritional status of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 18:1331-1353.
- Montañes, L., Heras, L., Abadia, J. y Sanz, M. 1993. Plant Analysis Interpretation Based on New Index: Deviation from Optimum Percentage (DOP). *Journal of Plant Nutrition*, 16(7). 1289-1308.
- Navvabzdeh, M. and M.J. Malakouti 1993. Development of DRIS norms for potato in the calcareous soils of Iran. *Journal of Plant Nutrition*. 16(8): 1409-1416.
- Narro, F. E. 1995 Nutrición y Sustancias Húmicas en el cultivo de papa. Memorias de VI Congreso Nacional de Productores de Papa. Saltillo, Coahuila.
- Norvell, W.A. 1988. Inorganic reactions of manganese in soils. In: Gram. D.R. (Ed.) *Manganese in soils and plants*. Kluwer Academic Publishers. Boston Pp 37-53.
- Pérez I., C. 1988. Fertilización foliar de macro y micronutrientes en un Andosol de la Sierra Tarasca, Michoacán. Tesis de M.en C. CEDAF-CP. Montecillo, Méx.
- Rodríguez, S.F. 1989. Fertilizantes- Nutrición vegetal. A.G.T. Editor, S.a. México, D.F.
- Saquelares O., S., D., 2001. Efecto de diferentes dosis de fertilización (N, P, K) vía cintilla de riego en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*), en Saltillo, Coahuila, Tesis Licenciatura UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Simpson, K. 1991. Abonos y Estiércoles. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

Sumner, M. E. 1979. Interpretation of foliar analyses for diagnostic purposes. Agron. J. Vol. 71: 343-348 U.S.A.

Sumner, M. E. and M. P. W. Farina. 1986. Phosphorus interactions with other nutrients and lime in field cropping system. Adv. Soil. Sci. 5: 201-236.

Teuscher, H., R. Adler y J.P. Seaton, 1982. El suelo y su fertilidad. Mexico. Pp 442.

Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. 1982. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Unión Tipográfica Editorial UTEHA, S.A. de C. V.

Ulrich, A. 1978. Plant tissue analysis. Plant analysis as a guide in fertilizer crop. In: H. M. Reesenawer. (ed) Soil and Tissue Testing in California. Bull.1987 Division of Agric. Sci. P. 1-4.

Vázquez, LL. M. 1996. Efecto de la fertilización foliar sobre la concentración de macronutrientes en el tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). UAAAN. Buavista, Saltillo, Coahuila, México.

Zuñiga, E. Ma. R. 1993. Diagnostico nutrimental (*Psidium guajava L.*) mediante el enfoque DRIS en la región de Calvillo-Cañon de Juchipila. UAAAN. Buavista, Saltillo, Coahuila, México.

## APÉNDICE

**Cuadro 1 A. Análisis de varianza para la variable rendimiento total en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), variedad Gigant.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
TRATAMIENTOS	4	279.599609	69.899902	6.6430	0.001
BLOQUES	2	0.400391	0.200195	0.0477	0.954
ERROR	8	33.599609	4.199951		
TOTAL	14	313.599609			
<b>CV=5.20%</b>					

**Cuadro 2 A. Reporte de análisis de suelo de la localidad 1 Valle hermoso, Abril del 2005.**

<b>M.O</b>	<b>ENR Lbs/A</b>	<b>P1 weak Bray ppm</b>	<b>P2 Strogn Bray ppm</b>	<b>Potasio ppm</b>	<b>Magnesio ppm</b>	<b>Calcio ppm</b>	<b>sodio ppm</b>
2.7	98	1	5	700	260	5090	21
C.E.C. Meq/100g		Porcentaje de saturación de base				Azufre ppm	pH
		% K	% Mg	% Ca	% Na		
29.5		6.1	7.3	86.3	0.3	606	8.4
Mang aneso ppm	Fierro ppm	Cobre ppm		Boro ppm	Zinc ppm	Sales solubles mmhos/cm	
2	1	0.4		0.5	0.8	1.5	

M.O.	ENR Lbs/A	P1 weak Bray ppm	P2 Strogn Bray ppm	Potasio ppm	Magnesio ppm	Calcio ppm	sodio ppm
1.2	68	3	49	62	68	7230	28
C.E.C. Meq/100g		Porcentaje de saturación de base				Azufre ppm	pH
		% K	% Mg	% Ca	% Na		
37		0.4	1.5	97.7	0.3	962	8.0
Manga neso ppm	Fierro ppm	Cobre ppm		Boro ppm	Zinc ppm	Sales solubles mmhos/cm	
13	7	0.8		0.7	5.6	2.08	

**Cuadro 3 A. Reporte de análisis de suelo de la localidad 3 San Rafael, Mayo del 2005.**



**Cuadro 4 A. Evaluación de los componentes del rendimiento del cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Gigant de la localidad 1 Valle hermoso, septiembre del 2005.**

La distancia de la evaluación fue de tres metros por repetición

No.	Tallos	Primeras		Segundas		Terceras		Cuartas		Total	
		Número	Peso (Kg.)	Número	Peso (Kg.)	Número	Peso (Kg.)	Número	Peso (Kg.)	# de tubérculos	Peso (Kg.)
Testigo											
1	31	3	0.8	27	4.3	40	4.6	37	1.8	107	11.5
2	34	16	4.0	21	3.5	28	3.1	20	0.8	85	11.4
3	33	17	4.0	13	2.1	42	4.5	27	1.2	99	11.8
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>36</b>	<b>8.8</b>	<b>61</b>	<b>9.9</b>	<b>110</b>	<b>12.2</b>	<b>84</b>	<b>3.8</b>	<b>291</b>	<b>34.7</b>
Porcentaje			25.36%		28.53%		35.15%		10.95%	RENDIMIENTO TOTAL	
										35 Ton/ha	
Parcela	8-24-00										
1	34	18	5.5	27	4.5	28	2.9	29	1.2	102	14.1
2	37	11	3.1	34	5.4	39	4.0	33	1.6	117	14.1
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>29</b>	<b>8.6</b>	<b>61</b>	<b>9.9</b>	<b>67</b>	<b>6.9</b>	<b>62</b>	<b>2.8</b>	<b>219</b>	<b>28.2</b>
Porcentaje			30.49%		35.10%		24.46%		9.92%	RENDIMIENTO TOTAL	
										43 Ton/ha	

**Cuadro 5 A. Evaluación de los componentes del rendimiento del cultivo de Papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad Gigant de la localidad 2 Huachichil, Julio del 2005.**

La distancia de la evaluación fue de tres metros por repetición

No.	Tallos	Primeras		Segundas		Terceras		Cuartas		Total	
		Número	Peso (Kg.)	Número	Peso (Kg.)	Número	Peso (Kg.)	Número	Peso (Kg.)	# de tubérculos	Peso (Kg.)
Parcela											
1	45	12	3.0	33	5.6	42	4.5	38	2.2	125	15.3
2	45	17	4.6	27	4.4	40	4.5	46	2.4	130	15.9
3	49	16	4.4	31	5.5	33	3.8	27	1.4	107	15.1
4	47	5	1.2	20	3.4	39	4.7	50	3.1	114	12.4
<b>Total</b>	<b>186</b>		<b>13.2</b>		<b>18.9</b>		<b>17.5</b>		<b>9.1</b>	<b>476</b>	<b>58.7</b>
Porcentaje			23%		32%		29%		15.5%	RENDIMIENTO TOTAL <b>45 Ton/ha</b>	
Testigo											
1	46	6	1.5	32	5.4	38	4.0	30	1.5	106	12.4
2	49	14	4	26	4.5	46	5	16	0.8	102	14.3
3	45	8	2.1	19	3.6	44	5.3	30	1.4	101	12.4
4	57	10	2.6	28	5.1	50	5.1	30	1.3	118	14.1
<b>Total</b>	<b>197</b>		<b>10.2</b>		<b>18.6</b>		<b>19.4</b>		<b>5.0</b>	<b>427</b>	<b>53.2</b>
Porcentaje			19%		35%		36%		9%	RENDIMIENTO TOTAL <b>40 Ton/ha</b>	



**Cuadro 7 A. Medias concentración en las hojas de papa y coeficientes de variación para diferentes formas de expresión de nutrimentos en población de altos rendimientos (mayor o igual a 40 Ton/ha). Análisis total dos ciclos P-V 1996 y 1997, Propuestos por García 2002.**

Formas de expresión	Media	C.V.	Formas de expresión	Media	C.V.
N *	4.74	10.98	100 P/Mn	.08	95.58
P *	.32	17.41	100 P/Zn	.48	46.35
K	4.06	15.97	100 P/Cu *	2.63	69.87
N/P	14.72	13.47	100 P/B	1.59	69.62
P/N	.07	13.83	100 K/Fe *	1.93	50.43
N/K *	1.18	19.02	100 K/Mn *	1.08	98.84
K/N *	.87	16.97	100 K/Zn	5.96	48.75
P/K *	.08	21.03	100 K/Cu *	35.19	62.14
K/P *	12.80	22.04	100 K/B	20.15	82.84
Ca	2.64	27.00	100 Ca/Fe	1.26	69.28
Mg *	.61	18.64	100 Ca/Mn *	.65	54.97
N/Ca *	1.93	37.13	100 Ca/Zn *	3.76	53.87
N/Mg *	8.01	21.90	100 Ca/Cu *	21.61	49.59
P/Ca *	.13	41.46	100 Ca/B	12.49	63.32
P/Mg *	.55	25.91	100 Mg/Fe *	.27	47.66
K/Ca	1.66	39.91	100 Mg/Mn *	.15	69.10
K/Mg	6.96	25.17	100 Mg/Zn *	.85	39.86
Ca/Mg	4.53	26.51	100 Mg/Cu *	5.23	57.86
Fe *	270.72	51.17	100 Mg/B	2.87	58.72
Mn *	497.00	42.49	Fe/Mn	.80	135.43
Zn	81.25	41.36	Fe/Zn	4.31	103.35
Cu	14.63	45.67	Fe/Cu	26.22	86.97
B *	25.49	36.75	Fe/B *	14.59	94.64
100 N/Fe *	2.16	71.34	Mn/Zn	6.25	29.72
100 N/Mn	1.23	93.77	Mn/Cu *	46.66	82.70
100 N/Zn	6.88	45.24	Mn/B *	24.79	57.86
100 N/Cu *	40.89	58.89	Cu/Zn	.21	67.37
100 N/B	22.69	67.81	Cu/B	.76	71.83
100 P/Fe *	.15	50.36	Zn/B *	4.11	65.65

Diferencia Significativa  $p < .05$