

**RECOMENDACIÓN EN PRIMERA APROXIMACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DE UN
PLAN DE FERTILIZACIÓN EN CEBOLLA BULBO (*Allium cepa* L) PARA CINCO
VEREDAS PRODUCTORAS DEL MUNICIPIO DE CHOACHÍ (CUNDINAMARCA)**

AUTOR

JUAN ARMANDO CONTRERAS PICO

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
FUSAGASUGA
2016**

**RECOMENDACIÓN EN PRIMERA APROXIMACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DE UN
PLAN DE FERTILIZACIÓN EN CEBOLLA BULBO (*Allium cepa* L) PARA CINCO
VEREDAS PRODUCTORAS DEL MUNICIPIO DE CHOACHÍ (CUNDINAMARCA)**

Trabajo de grado para optar por el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

DIRIGIDO POR:

GERARDO MORENO

INGENIERO AGRÓNOMO, MSc.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
FUSAGASUGA
2016

Nota de Aceptación

Jurados:

Víctor Ardila Mahecha ^A

Mario Bernal Ovalle ^B

- A. I. A. M.Sc. en Ciencias Agrarias, docente horas cátedras programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca.
- B. I.A. M.Sc. en Administración Agropecuarias, director del programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca.

Fusagasugá, Fecha (Feb, 17, 2016)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, a todas las personas que me apoyaron durante mi formación integral.

“Después de tanto tiempo, ahora lo sé y lo entendí, solamente me queda agradecer...”

Juan Contreras

AGRADECIMIENTO

Primero y como más importante, agradezco a Dios el privilegio de haber realizado este trabajo y el apoyo condicional por parte de mi familia en la continuación de este documento. Deseo ante mano, el agradecimiento a la **Fundación Funcahum** por haberme acogido en su proyecto: *Investigación participativa orientado al mejoramiento de las técnicas de cultivo de cebolla bulbo en pequeños productores organizados en el municipio de Choachí Cundinamarca*, la cual, trabaje como creador y ejecutor de ese proyecto en mi práctica empresarial. Gracias a la gratitud de mis jefes y al I. A. *Henry Mejía*, me otorgaron los análisis de suelos para la creación de este documento. También agradezco, a mi director Gerardo Moreno por la paciencia y sus aportes contribuyentes a este trabajo.

Para terminar, los agradecimientos principales son para los señores: *Gabriel Rodríguez, José Martínez, Domingo Mora, Carlos Díaz, Orlando Amorteguí, Manuel Torres, Juan Amorteguí, Gloria Rodríguez, Nelson Sánchez y Pedro Sánchez*, quienes me otorgaron la puerta de entrada para los inicios de este estudio, aún más, mi deber como profesional es otorgarle los resultados de este trabajo directamente a ellos y a toda la comunidad Chiguana, como mi pequeña contribución al campo colombiano.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCION	13
OBJETIVOS	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
JUSTIFICACIÓN	14
MARCO REFERENCIAL	15
1. MUNICIPIO DE CHOACHÍ CUNDINAMARCA	15
1.1 <i>Suelos de Choachí</i>	16
2. CEBOLLA CABEZONA Ó CEBOLLA BULBO (Allium cepa L.)	19
2.1 <i>Origen</i>	19
2.2 <i>Importancia</i>	19
2.3 <i>Características Botánicas</i>	20
2.4 <i>Requerimientos edafoclimáticos</i>	23
2.5 <i>Manejo del cultivo</i>	24
2.6 <i>Plagas y enfermedades</i>	26
3. MUESTREO Y MEDICIÓN	30
4. INTERPRETACIÓN ANALISIS DE SUELOS	36
5. ENMIENDA	31
5.1 <i>El PH del Suelo</i>	31
5.2 <i>Encalado</i>	32
5.3 <i>Cal Agrícola o Calcita</i>	33
6. ELEMENTOS NUTRICIONALES EN LAS PLANTAS	33
6.1 NITROGENO	33
<i>Generalidades</i>	33
<i>El nitrógeno en el suelo</i>	34
<i>Mineralización e Inmovilización del Nitrógeno</i>	34
<i>Nitrificación y Desnitrificación</i>	36
<i>Perdidas de nitrógeno</i>	38
<i>El nitrógeno en las plantas</i>	39
<i>Deficiencias de nitrógeno en las plantas</i>	40
6.2 FOSFORO	40
<i>Generalidades</i>	40
<i>El fósforo en el suelo</i>	40
<i>El fósforo en las plantas</i>	43
<i>Funcionamiento de los fosfitos</i>	44
<i>Los Fosfitos</i>	45
<i>Deficiencias de fósforo en las plantas</i>	45
6.3 POTASIO	46
<i>Generalidades</i>	46
<i>Potasio en el suelo</i>	46
<i>Potasio en las plantas</i>	48

<i>Deficiencias de potasio en las plantas</i>	49
4. CALCIO	49
Generalidades	49
El Calcio en el Suelo	49
El Calcio en las Plantas	50
Deficiencias de calcio en las plantas	52
5. MAGNESIO	53
Generalidades	53
El magnesio en el suelo	53
El magnesio en las plantas	55
Deficiencias de magnesio en las plantas	57
6. AZUFRE	58
Generalidades	58
El azufre en el suelo	58
El azufre en las plantas	59
Deficiencias de azufre en las plantas	60
El azufre en las Liliáceas	60
7. PLAN DE FERTILIZACIÓN	61
8. FERTILIZANTES	62
8.1 Nitrato de amonio 33,5% N	67
8.2 Cloruro de potasio KCl	68
8.3 Fertilizantes con S elemental	69
8.4 Fosfato Diamónico	70
METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	71
Ubicación Impacto de Estudio	71
1. ETAPA 1: ZONAS DE ESTUDIO	72
2. ETAPA 2: TOMA DE MUESTRAS	73
RESULTADOS	74
3. ETAPA 3: REVISIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	74
Propiedades físicas de los lotes	76
4. ETAPA 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS	79
A. RELACIONES ENTRE LOS ELEMENTOS NUTRICIONALES PARA CEBOLLA BULBO (Allium cepa L.)	79
<i>CURVA DE UMBRALES DE RESPUESTA</i>	81
<i>NITROGENO</i>	82
<i>FOSFORO</i>	85
<i>POTASIO</i>	89
<i>CALCIO</i>	92
<i>MAGNESIO</i>	95
<i>CALCIO, MAGNESIO Y SODIO</i>	98
<i>AZUFRE</i>	99
DETERMINACIÓN DE LAS FORMULA FERTILIZACIÓN	99
B. NECESIDADES NUTRICIONALES PARA LA FERTILIZACIÓN DE CEBOLLA BULBO (Allium cepa L) EN CHOACHI.	100

<i>Literal I. Cantidad de fertilización</i>	101
<i>Literal II. Optimización del Magnesio.</i>	104
<i>Literal III. Enmiendas.</i>	105
C. CANTIDAD DE INSUMOS DEL PRIMER DIAGNOSTICO DE FERTILIZACIÓN PARA EL CULTIVO DE CEBOLLA BULBO (Allium cepa L.)	106
AENXO ESPECIAL (Presupuesto Parcial Transferencia de Tecnología)	109
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFIA	111
ANEXOS	115

LISTADO ESPECIALES

LISTA DE TABLAS	Pág.
<i>Tabla 1. Valores nutricionales de Cebolla Bulbo (Allium cepa L.)</i>	20
<i>Tabla 2. Ciclo Vegetativo de la Cebolla (Allium Cepa L.)</i>	22
<i>Tabla 3. Requerimientos cebolla (CompoExpt, 2010)</i>	25
<i>Tabla 4. Respuesta del cultivo de cebolla perla (Allium cepa L) a la fertilización química orgánica bajo riego por goteo (Guerrero y Salazar, 2010)</i>	25
<i>Tabla 5. Producción de cebolla en honduras (MCA-Honduras/EDA, 2007)</i>	25
<i>Tabla 6. Requerimientos nutricionales para cebolla bulbo en Kg/Ha. (corpoica, 1997 citado por Nutrimon, 2006).</i>	26
<i>Tabla 7. Requerimiento Kg/Ha (Horneck, D.A 2004)</i>	26
<i>Tabla 8. Equivalentes químicos y composición química de materiales de encalado puros.</i>	33
<i>Tabla 9. Distribución de principales cultivos transitorios con sus respectivas áreas de siembra y rendimientos. Municipio Choachí</i>	72
<i>Tabla 10: Lugares de los 10 estudios que se realizaron en el municipio de Choachí.</i>	73
<i>Tabla 11. Rangos de pendientes según metodología para los estudios de suelo IGAC, citado por Arroyave y Guzmán, 2015.</i>	76
<i>Tabla 12. Características de los suelos en estudio. Resultados obtenidos según los reportes otorgados por Laboratorios Calderón®.</i>	77
<i>Tabla 13. Relación de la textura con algunas propiedades del suelo.</i>	78
<i>Tabla 14. Niveles críticos para el contenido de materia orgánica del suelo, en diferentes condiciones climáticas para Colombia.</i>	78
<i>Tabla 15. Tolerancia de cultivos a salinidad y basicidad de los suelos.</i>	79
<i>Tabla 16. Índices de nutrientes según requerimientos de los autores citados.</i>	80
<i>Tabla 17. Concentración y relación según número de Átomos de elementos esenciales encontrados normalmente en el tejido vegetal.</i>	82

<i>Tabla 18. Análisis de Requerimiento de N y sus respectivas relaciones con los demás elementos.</i>	82
<i>Tabla 19. Análisis de Requerimiento de P y sus respectivas relaciones con los demás elementos.</i>	86
<i>Tabla 20. Análisis de Requerimiento de K y sus respectivas relaciones con los demás elementos.</i>	89
<i>Tabla 21. Análisis de Requerimiento de Ca y sus respectivas relaciones con los demás elementos.</i>	92
<i>Tabla 22. Análisis de Requerimiento de Mg y sus respectivas relaciones con los demás elementos.</i>	95
<i>Tabla 23. Proporciones de cada elemento nutritivo como requerimiento para la fertilización de cebolla bulbo (<i>Allium cepa</i>)</i>	99
<i>Tabla 24. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote la Enramada</i>	100
<i>Tabla 25. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote El Parejo</i>	101
<i>Tabla 26. Clasificación general de los cationes intercambiables, rangos ideales para el desarrollo de todas las plantas.</i>	104
<i>Tabla 27. Relaciones catiónicas intercambiables de cada uno de los suelos en estudio, Choachí.</i>	104
<i>Tabla 28. Índices de pH para los suelos en estudio.</i>	105
<i>Tabla 29. Consenso general de la cantidad de fertilizantes para los lotes en estudio del municipio de Choachí</i>	106
<i>Tabla 30. Precio Costo del Fertilizantes por productor.</i>	108
<i>Tabla 31. Estimación de los beneficios netos de tecnologías de fertilización para la producción de cebolla bulbo en Choachí.</i>	108

LISTA DE GRAFICOS	Pág.
<i>Grafico 1. Fijación del Fósforo, según el pH de los suelos.</i>	43
<i>Gráfico 2: Esquema de las proporciones de los diferentes cultivos según la Umata Choachí.</i>	72
<i>Grafico 3. Requerimientos de Nitrógeno vs Producción Final</i>	83
<i>Grafico 4. Índice N/P vs Producción Final</i>	84
<i>Grafico 5. Índice N/K vs Producción Final</i>	84
<i>Grafico 6. Requerimientos de Fosforo vs Producción Final</i>	86
<i>Grafico 7. Índice P/N vs Producción Final</i>	87
<i>Grafico 8. Índice P/K vs Producción Final</i>	88
<i>Grafico 9. Requerimientos de Potasio vs Producción Final</i>	89
<i>Grafico 10. Índice K/N vs Producción Final</i>	90
<i>Grafico 11. Índice K/P vs Producción Final</i>	91
<i>Grafico 12. Requerimientos de Calcio vs Producción Final</i>	92
<i>Grafico 13. Índice Ca/K vs Producción Final</i>	93
<i>Grafico 14. Índice Ca/Mg vs Producción Final</i>	94

<i>Grafica 15. Requerimientos de Magnesio vs Producción Final</i>	95
<i>Grafica 16. Índice Mg/N vs Producción Final</i>	96
<i>Grafica 17. Índice Mg/K vs Producción Final</i>	97
<i>Grafica 18. Índice Mg/Ca vs Producción Final</i>	97

LISTA DE FIGURAS	Pág.
<i>Figura 1. Escala del pH</i>	31
<i>Figura 2. Disponibilidad de los nutrientes en función del pH del suelo</i>	32
<i>Figura 3. Mineralización e Inmovilización del Nitrógeno en el Suelo</i>	34
<i>Figura 4. Elaboración de varios fertilizantes a partir del amoníaco.</i>	38
<i>Figura 5. Ciclo del Fósforo</i>	42
<i>Figura 6. Ácido fosforoso y fosfito.</i>	45
<i>Figura 7: Formas del Potasio en el suelo.</i>	47
<i>Figura 8: Representación esquemática del transporte y almacenamiento del calcio en este caso en órganos más jóvenes</i>	52
<i>Figura 9: Representación del Mg en el suelo.</i>	54
<i>Figura 10: Representación del Mg en la clorofila, molécula más importante para las plantas.</i>	56
<i>Figura 11. Esquema de la toma de muestras en suelos colombianos.</i>	74
<i>Figura 12: Triangulo textural del Suelo (USDA, 1999)</i>	76
<i>Figura 13. Requerimientos finales para el cultivo de cebolla bulbo (Allium cepa L)</i>	100

LISTA DE MAPAS	Pág.
<i>Mapa 1. Ubicación de las veredas en el municipio de Choachí.</i>	75
LISTAS DE ANEXOS	
<i>Tabla 1A. Información recolectada en las áreas de estudios en el municipio de Choachí (Cundinamarca)</i>	115
<i>Mapa 2. Ubicación de los lotes en la vereda el Hato: H.L.E = Hato-La Enramada, H.E.P = Hato-El Parejo; municipio de Choachí, escala 1:50</i>	116
<i>Mapa 3. Ubicación de los lotes en la vereda Quiuza: Q.E.A = Quiuza-El Alto, Q.L.M = Quiuza-La Meseta; municipio de Choachí, escala 1:100 m</i>	116
<i>Mapa 4. Ubicación de los lotes en la vereda Maza: M.E.P = Maza-El Plan, M.L.M = Maza-Los Manzanos; municipio de Choachí, escala 1:200 m</i>	116
<i>Mapa 5. Ubicación de los lotes en la vereda La Llanada: L.A.C = La Llanada-Alto de la Cruz, L.S.J = La Llanada-San Juan; municipio de Choachí, escala 1:100 m</i>	117
<i>Mapa 6. Ubicación de los lotes en la vereda Chatasuga: C.T.E = Chatasuga-Tres Esquinas, C.V =Chatasuga -Venecia; municipio de Choachí, escala 1:50 m (Imágenes © 2015 DigitalGlobe, Datos del mapa © 2015 Google.)</i>	117
<i>Grafico A. Índice N/Ca vs Producción Final</i>	117
<i>Grafico B. Índice N/Mg vs Producción Final</i>	118

<i>Grafico C. Índice P/Ca vs Producción Final</i>	118
<i>Grafico D. Índice P/Mg vs Producción Final</i>	118
<i>Grafico E. Índice K/Ca vs Producción Final</i>	119
<i>Grafico F. Índice K/Mg vs Producción Final</i>	119
<i>Grafico G. Índice Ca/N vs Producción Final</i>	119
<i>Grafico H. Índice Ca/P vs Producción Final</i>	120
<i>Grafico I. Índice Mg/P vs Producción Final</i>	120
<i>Tabla I. Datos generales de índices y requerimientos de los elementos nutricionales para cebolla bulbo (Allium cepa L.)</i>	121
<i>Tabla A. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote El Alto</i>	122
<i>Tabla B. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote La Meseta</i>	122
<i>Tabla C. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote El Plan</i>	122
<i>Tabla D. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote Los Manzanos</i>	122
<i>Tabla E. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote San Juan</i>	123
<i>Tabla F. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote Alto de la Cruz</i>	123
<i>Tabla G. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote Tres Esquinas</i>	123
<i>Tabla H. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote Venecia</i>	123
REPORTES ANÁLISIS DE SUELOS	124

RESUMEN

El presente trabajo, es el resultado de un estudio de suelos y fertilización aplicado al cultivo de cebolla bulbo (*Allium cepa* L) en las principales zonas productoras del municipio de Choachí, Departamento de Cundinamarca.

Con base al EOT (Esquema de Ordenamiento Territorial), se seleccionaron cinco (5) veredas representativas en la producción de cebolla, con problemas en común de bajos rendimientos y uso inadecuado del suelo. Las diferencias de altura y temperatura son tenidas en cuenta para obtener un amplio rango de estudio, las veredas escogidas fueron: La vereda El Hato, Quiuza, Maza, La Llanada y Chatasuga; Además, se tomaron dos (2) lotes por vereda, cada uno con un área de una (1) hectárea, respectivamente.

El estudio se desarrolló en 4 etapas, se realizaron microcalicatas de 50 cm x 50 cm x 20 cm (ancho, largo, profundo). Los muestreos (1 Kg de suelo por lote) basados en los esquemas estipulados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Las muestras fueron llevados a Laboratorios Calderón® (AK 20 N° 87-8; Bogotá, Colombia), la cual, se reportan suelos con texturas tipo franco-arcillo-limoso, con niveles medios a bajo de materia orgánica en la mayoría de los lotes.

Teniendo en cuenta los reportes del laboratorio, los lotes en general presentan rangos bajos en la conductividad eléctrica y salinización por sodio, siendo el rango establecido por literatura de 9-6 $ds \cdot m^{-1}$ y tolerancia de Na entre 40%-50% PSI, respectivamente. Los lotes presentan clasificación D, fuertemente inclinada, a excepción del lote el Alto (vereda Quiuza) que presenta clasificación E, moderadamente escarpado según el IGAC. Las relaciones catiónica (Ca, Mg y K), en general se encuentran en rangos adecuados; los lotes el parejo, san juan, tres esquinas y venecia, necesitan 1500 $Kg \cdot Ha^{-1}$ de cal, para elevar una unidad en la escala de PH. La vereda Chatasuga presenta temperaturas frías (8-10°C), mientras que las demás veredas presentan temperaturas de tipo medio (16-20°C).

Para la determinación de los requerimientos del cultivo fueron citados los siguientes autores: COMPOEXPT®, 2010; GUERRERO & SALAZAR, 2010; MCA-Honduras/EDA, 2007; NUTRIMON®, 2006 y HORNECK, 2004. Sin embargo, por motivo a que se desconoce las condiciones de los lugares y los métodos donde se desarrollaron cada uno de los estudios, se analizaron los datos en base a cocientes usados por el método DRIS (Diagnosis and recommendation integrated system) ajustados estadísticamente. Los resultados evidencian que no existe una relación directa y clara entre los requerimientos nutricionales y la producción final,

valores de **N: 30, P: 1, K: 18, Ca: 42 y Mg: 3** ($\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1}$), como proporción final de los requerimientos nutricionales para el cultivo de cebolla.

Al analizar la diferencia de las concentraciones de los elementos presentes en el suelo, junto con los valores finales que requiere el cultivo de cebolla; se determinaron las cantidades necesarias de los elementos nutricionales (N, P, K, Ca, Mg y S) expresados en kilogramos por hectárea ($\text{kg} \cdot \text{Ha}^{-1}$). Los valores resultantes asociados con el factor de eficiencia de los elementos, nutritivos para la obtención de niveles promedios de producción, fueron los siguientes: 1,7 bultos (bulto de 40 Kg) de azufre elemental, 9,2 bultos (bulto de 50 Kg) cloruro de potasio, 2,2 bultos (bulto de 50 Kg) de amonio fosfatado y 1 bulto (bulto de 50 Kg) de nitrato de amonio por hectárea ($\text{bultos} \cdot \text{Ha}^{-1}$) por lote, para producciones finales promedio de 35 toneladas por hectárea ($\text{Ton} \cdot \text{Ha}^{-1}$).

Palabras claves:

Muestreo, análisis de suelos, dris, fertilizantes, factor de eficiencia.

INTRODUCCION

Choachí, municipio cabecera de la región del oriente, se caracteriza por poseer los tres pisos térmicos y por ello, un potencial agrícola a nivel nacional debido a la gran cantidad de sistemas productivos que abastecen la central de abastos más importante del país (CORABASTOS).

La unidad municipal de asistencia técnica agropecuaria (UMATA de Choachí) estipula que hace más de dos (2) décadas, el municipio era la capital cebollera del país ya que distribuía su producción a todo el país, pero por efecto de caída de precios, alza en los insumos y en especial la pérdida de la fertilidad del suelo hacen que hoy en día su hábito cultural de sembrar cebolla bulbo sea cambiado por otros cultivos.

La frontera Agrícola de los Chiguanos (*gentilicio*), cada vez alcanza más la frontera de la reserva natural del páramo de Chingaza, esto es consecuencia de algunos factores climáticos que presenta el mundo actual pero lo más importante de todo, es la baja productividad de los suelos más cercanos al pueblo, debido a su sobreexplotación por 6 (seis) décadas y sin ninguna recuperación a través del tiempo, ocasionando gradualmente la erosión y la disminución en capacidad fértil del suelo afectando la producción en diversos cultivos.

Debido a la baja fertilidad de los suelos en el municipio de Choachí, se propone este estudio de fertilización para aumentar el rendimiento en la producción de cebolla bulbo (***Allium cepa***) en las principales veredas productoras del municipio.

OBJETIVOS

Objetivo General

Establecer un plan de Fertilización en primera aproximación para un cultivo de *Allium cepa* L en cinco veredas del Municipio de Choachí (Cundinamarca)

Objetivos Específicos

1. Caracterizar los suelos de las principales zonas productoras de *Allium cepa* L en el municipio de Choachí.
2. Calcular en primera aproximación el grado del fertilizante químico y la dosis requerida para el óptimo rendimiento del cultivo de *Allium cepa* L. en las zonas productoras objeto de estudio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se desconocen cuáles son las dosis y el grado del fertilizante adecuado para el establecimiento de cultivos rentables en Cebolla Bulbo, (*Allium cepa* L.), en las veredas seleccionadas para este estudio en el municipio de Choachí.

JUSTIFICACIÓN

El Municipio de Choachí, fue pionero en el cultivo de cebolla bulbo (*Allium cepa* L.) siendo respetada a nivel nacional como la capital productora de cebolla del país; sin embargo, en la actualidad la producción de cebolla ha disminuido en el municipio debido a múltiples factores como climáticos, edáficos, costos de producción e incluso el precio de compra en las principales bodegas de la central de abastos en la capital colombiana. En la actualidad, los suelos de Choachí han perdido su capacidad productiva debido a malas prácticas de cultivo, al uso inadecuado de los fertilizantes, sumada al sistema tradicional de cultivo y al aumento de la salinidad del suelo.

Debido a la inadecuada aplicación de fertilizantes, se esperaría que su uso fuera de una manera más respetada y homogénea siendo más consciente con el manejo de las dosis a usar. Las plantas bien fertilizadas, pueden generar rendimientos más eficientes para el productor, esto es debido, al incremento del

peso del bulbo, tamaño, cantidad, la durabilidad en pos-cosecha y las características organolépticas que esta posee, lo que corresponde a un aumento en la calidad del bulbo a ofrecer, con mayores probabilidades de entrar a mercados de competición tanto internos como externos. Para la cual, se hace necesario implementar un plan de fertilización óptimo para el cultivo de cebolla en las principales zonas productoras del Municipio de Choachí para que este ayude a aumentar la calidad y cantidad de producción.

MARCO REFERENCIAL

1. MUNICIPIO DE CHOACHÍ CUNDINAMARCA

El Municipio de Choachí pertenece al Departamento de Cundinamarca, Provincia del Oriente, de la cual también hacen parte los Municipios de: Cáqueza, Chipaque, Fómeque, Fosca, Guayabetal, Gutiérrez, Quetame, Ubaque y Une.¹

La cabecera municipal se encuentra localizada en 04° 31'52" de latitud norte y 73°55'33" de longitud oeste. Su altura sobre el nivel del mar es de 1920 m con una temperatura media de 18° C. Choachí está comunicado con la ciudad de Santafé de Bogotá D.C por carretera pavimentada con una extensión de 38 km, con Ubaque y Fómeque dista 10 km, y 16 km respectivamente. Limita por el norte con el Municipio de La Calera, por el sur con el Municipio de Ubaque, por el oriente con el Municipio de Fómeque y por el occidente con Bogotá DC.²

El área total del Municipio son 21.467 hectáreas distribuidas así: 61 Hectáreas para el área urbana y 21.406 Hectáreas en el área rural. Su zona urbana cuenta con seis sectores: Centro, El Refugio, El Bosque, Alto de la Virgen, Cucuaté, Villa Esperanza; Mientras que la zona rural inicialmente presentaba 14 veredas (mismas que presenta el catastro rural), las cuales se fueron subdividiendo y conformaron las 33 veredas con que cuenta el municipio actualmente; entre las cuales tenemos, la vereda Chatasuga, la Llanada, Maza, Hato y Quiuza.³

Choachí está dominado por paisajes abruptamente montañosos que van desde los 1600 y llegan a más de 3800 m.s.n.m. El régimen pluviométrico es influenciado por los vientos alisios del Noroeste, principalmente por el movimiento de masas de aire caliente y húmedo que avanzan hacia el Ecuador denominada zona de confluencia intertropical (ZCIT), estos factores combinados en el relieve resultan en un régimen monomodal de lluvias con un verano de Diciembre a Marzo y un gran invierno de Abril a Noviembre. Por debajo de los 2000 mts de altitud, se presenta un régimen de humedad, con distribución monomodal de lluvias y 922

¹ ALCALDÍA MUNICIPAL DE CHOACHÍ, Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT); 2008 – 2011. 144 pág. Contenido; usos del suelo.

² IBID.

³ IBID.

mm de precipitación anual. La parte oriental del Municipio localizada por encima de 2.000 mts de altitud, tiene un régimen húmedo con 1.300 a 1.500 mm de precipitación anual, mientras la parte occidental por arriba de la misma altitud tiene un régimen húmedo con precipitaciones anuales de 1.000 a 1.200 mm.⁴

Los diferentes pisos térmicos que presenta el municipio, van desde el templado con temperaturas desde 20°C hasta el excesivamente frío, con temperaturas menores a 8°C. La temperatura media presenta un ligero incremento en la época de verano y un descenso en el invierno a partir de abril hasta septiembre; Con respecto al brillo solar, el promedio estimado es de 1.600 horas/ año con un promedio ponderado de 5 horas diarias para los meses de invierno y 7 horas diarias para los meses de verano. La combinación de estos factores produce: un régimen monomodal de lluvias, reducción de la temperatura media y brillo solar en invierno e incremento de estos en verano, asemejan esta región a condiciones de clima subtropical, lo cual sumado a las características de los suelos y la baja incidencia de vientos entre otros, resulta en un altísimo potencial para cultivos de hoja semi-caduca como la chirimoya y caducifolios entre ellos manzano, durazno, pero, ciruelo y cerezos.⁵

1.1 Suelos de Choachí

Los principales factores que inciden en la formación de suelos son el material parental, topografía y condiciones climáticas⁶; por tal motivo se divide el Municipio en tres zonas pedogenéticas así:

Suelos de Páramo. Localizados a más de 3.000 m.s.n.m. ocupan al 44.53% del área total, cubriendo 9.558,77 Has; en ambas vertientes presentan un modelado periglacial como consecuencia del movimiento lento de grandes masas de hielo que moldearon el relieve actual representado en acumulación de materiales rocosos no consolidados denominados morreras y formas rocosas redondeadas llamadas circos glaciares. Posteriormente se han acumulado capas de cenizas volcánicas que han tornado algunas zonas quebradas en paisajes ondulados y suavemente redondeados.⁷

La mayoría de los suelos presentan un desarrollo genético derivado de condiciones ambientales actuales de baja temperatura y alta humedad relativa que se manifiesta en acumulación de materia orgánica con bajo grado de descomposición mezclada con cenizas volcánicas resultando en horizontes negros muy gruesos que descansan sobre la roca dura, sobre fragmentos de roca o sobre antiguos suelos de diferentes grados de evolución. Tiene alto contenido de materia

⁴ IBID.

⁵ IBID.

⁶ IBID.

⁷ IBID.

orgánica, más del 20%, en bajo grado de descomposición, color negro a rojizo dependiendo del drenaje, la profundidad varía según el grado de pendiente siendo más profundos los localizados en los sectores planos, presenta alto grado de retención de humedad, bien estructurados, friables de textura franca, porosos, poco susceptibles a la erosión con un drenaje externo rápido e interno lento; por causa de la baja temperatura su actividad microbial es escasa.⁸

Químicamente son suelos muy ácidos pH 4.0 a 5.0, con alta capacidad de intercambio catiónico, baja saturación de bases, bajo contenido de nitrógeno y fósforo, medio contenido de calcio y magnesio y alto potasio.⁹

Suelos de clima frío. Localizados de 2.400 a 3.000 m.s.n.m.; ocupan el 38.3% del área municipal con 8.227,36 Has. Localizados en ambas vertientes, se originaron por el transporte lento de materias, reptación y solifluxión de los suelos, movimientos rápidos de masas de tierra sobresaturados, topografía de ondulada a muy escarpada. La formación de estos suelos está influenciada por tres eventos principales, el primero asociado a grandes levantamientos y vulcanismo ocurridos durante el terciario donde existió fuerte alteración de la roca, excesivo lavado e intemperismo, el segundo ocurrió posteriormente en los periodos glaciales e interglaciales donde se presentaron grandes movimientos de materiales; el tercero ocurrió en época posterior y se asocia a la cordillera central sobre roca o sobre fragmentos y depósitos no consolidados.¹⁰

En forma general estos suelos se caracterizan por tener un horizonte superficial muy profundo, muchas veces en color negro, alto contenido de materia orgánica, texturas francas, estructuras en bloques, bien desarrollados, con alta retención de humedad, buena actividad radicular, avances con presencia de crotovinas, pH ácido (4,5 - 5,5), contenido de aluminio medio a alto (más de 1 me /100 gr de suelo), alta capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de potasio, moderado de calcio y magnesio, bajo contenido de nitrógeno y fósforo disponible (menos de 30 ppm).¹¹

Suelos de clima medio y transición a frío. Están localizados de 1.500 a 2.400 m.s.n.m., ocupan el 17.17% del área del municipio, representada por 3.681 Has pertenecientes a la parte baja de la cuenca del Río Blanco. Estos suelos tienden a diferenciarse en dos grupos; los desarrollados a partir de arcillolitas, lutitas, areniscas y pizarras, esquistos y granitos por lo general ácidos y los desarrollados a partir de calizas sean margas o lutitas generalmente básicas. Los suelos ácidos se localizan sobre los planos de las estructuras rocosas, en los depósitos coluviales, presentan colores rojizos, con regular contenido de materia orgánica,

⁸ IBID.

⁹ IBID.

¹⁰ IBID.

¹¹ IBID.

moderadamente profundos y con bajo contenido de nutrientes. Los suelos básicos se encuentran desarrollados a partir de formaciones calcáreas asociadas a formaciones sedimentarias del cretáceo, de textura arcillosa, a veces pedregosos, de colores oscuros con alto contenido de bases como calcio, magnesio y potasio, con tendencia a la formación de sales de carbonatos. En los suelos de estos climas son muy comunes los movimientos y remociones en masa de grandes volúmenes de detritus en forma de coluvios, flujo de escombros y colada de barro cuyos movimientos dependen del grado de saturación de humedad al cual están sometidos, en algunos casos son de movimientos lentos progresivos como en las veredas Resguardo Parte Alta y Llanada en otros casos rápidos y devastadores como en la vereda de Maza.¹²

Es de anotar el grave estado de deterioro en el que se encuentran estos suelos por la excesiva explotación a la que han sido sometidos durante décadas con un manejo irracional de insumos y riego por manguera lo cual ha generado una desmesurada disminución de nacederos, erosión, deslizamientos, y extinción de especies de fauna y flora; incremento de parásitos, plagas y enfermedades disminución de la productividad que se manifiesta en desmejoramiento del nivel de vida, conflicto y una constante migración de productores agropecuarios a otras zonas productoras o a la ciudad en busca de mejores condiciones de vida.¹³

Por la producción de varios estratos de vegetación nativa en algunas zonas se deduce que estos suelos se desarrollaron en condiciones más húmedas; la gran cantidad de raíces permitía el paso lento del agua para ser suministrado durante el verano; estas condiciones cambiaron al ser talado el bosque para establecer zonas de pastoreo y luego monocultivos de hortalizas. Se disminuyó la infiltración básica y con ella el suministro hídrico en los acuíferos; se implementaron sistemas de riego por manguera aumentando la escorrentía y la El estudio general de suelos de los municipios del oriente de Cundinamarca, realizado por el IGAC en 1985, clasifica el 80% de los suelos del territorio en las clases VI y VII, con restricciones por clima y horizontes argílicos, el 20% restante corresponde a la clase IV. Factores como la baja fertilidad, acidez y las fuertes pendientes son las limitantes de mayor envergadura que impiden en parte el desarrollo de una agricultura y ganadería más rentable y productiva.¹⁴

Por tal razón, la selección de las veredas a estudiar fueron tomadas con base al EOT, cumpliéndose con factores comunes de erosión, bajos niveles de materia orgánica y PH muy ácidos, historial productivo de cebolla bulbo en la región; A su vez, las respectivas diferencias de los lotes en cuanto a su altura sobre el nivel del mar, temperatura, ubicación y lejanía del casco urbano, lo que representa un estudio base para todas las zonas productoras localizadas a lado y lado de la

¹² IBID.

¹³ IBID.

¹⁴ IBID.

cuenca del río blanco en los principales campos productores de cebolla de todo el municipio.¹⁵

2. CEBOLLA CABEZONA Ó CEBOLLA BULBO (*Allium cepa* L.)

2.1 Origen

La cebolla (*Allium cepa* L) probablemente se originó en el Sur-Este de Asia y su uso por el hombre se da desde tiempos remotos, en tanto que para su origen está en Asia Occidental (Irán y Pakistán). Es una especie muy conocida por el hombre desde hace varios milenios, siendo una hortaliza muy apreciada por los antiguos pobladores de las riberas mediterráneas, en especial de las civilizaciones egipcias de la primera y segunda dinastía (3200-2780 A.C).¹⁶

2.2 Importancia

El área de producción a nivel mundial se acerca a 2 millones de hectáreas, produciéndose 32,5 millones de toneladas. Su empleo es de diversas formas, dependiendo no sólo de su clase particular sino de la etapa de su madurez; para su uso como vegetal cocido en sopas, guisos, entre otros, también como saborizantes de muchos otros platos y como ensalada en estado fresco. La calidad del bulbo, debido principalmente a su aroma (propiedades organolépticas), tamaño, peso.¹⁷

En Cundinamarca la cebolla de bulbo se produce en diferentes pisos térmicos, en altitudes entre los 2.000 y 2.800 m.s.n.m. Las regiones productoras son las de Oriente (municipios de Choachi, Caqueza, Une. Ubaque, Chipaque y Fómeque), Sumapaz (municipios de Fusagasugá y Pasca) y Sabana de Bogotá (municipios de Bojaca y Mosquera).¹⁸

¹⁵ IBID.

¹⁶ GUANGASI, T., & EDUARDO, L. (2012). EVALUACIÓN DE FOSFITOS POTÁSICOS (Fitoalexin y Atlante) EN LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa*).

¹⁷ IBID

¹⁸ ASOHOFrucol, Fondo Nacional de Fomento Hortícola (FNFH), SENA, 2006. Mejoramiento de la competitividad de la cebolla de bulbo en el departamento de Cundinamarca, a través de la producción limpia, tecnologías de curado y almacenamiento.

Tabla 1. Valores nutricionales de Cebolla Bulbo (*Allium cepa* L.)

Valor nutricional ¹⁹	
Proteínas	2 %
Grasas	0.44 %
Hidratos de Carbono	11.1 %
Ca	29 ppm
Tiamina	0,05 ppm
Rivoflavina	0,02 ppm
Niacina	0,38 ppm
Ácido ascórbico	8 ppm

Clasificación taxonómica²⁰

Reino: Plantae
División: Spermatophita
Subdivisión: Magnoliophytina
Clase: Liliopsidae
Orden: Asparagales
Familia: Liliaceae
Género: Allium
Especie: Ceba

Nombre científico: *Allium cepa* L.

Nombre común: Cebolla bulbo, cebolla cabezona, cebolla colorada, cebolla paitenia.

2.3 Características Botánicas

Raíz

Presenta una raíz primaria al inicio de la germinación de la semilla y posteriormente de la base de la planta nacen varias docenas de raíces adventicias, carnosas, de color blanquecino, normalmente cada raíz adventicia emite pocas raíces secundarias las cuáles raramente se ramifican; éstas se encuentran en un radio lateral de 15 cm, alcanzando una profundidad de hasta 30 cm en los suelos sueltos. Las raíces presentan pocos pelos absorbentes y esto determina una menor capacidad de absorción de la planta y mayores exigencias con respecto al balance de humedad del suelo.²¹

¹⁹ Guangasi et al, 2012, OP.CIT

²⁰ IBID

²¹ ASOHOFrucol, FNFH, SENA, 2006, OP.CIT.

Bulbo

Conformado por múltiples escamas carnosas, sobrepuestas o imbricadas alrededor de una yema central y rodeada a su vez de otras escamas acartonadas de colores blancos, rojos, amarillentos o violáceos, tienen un sabor picante y un olor penetrante debido a la presencia de ésteres aromáticos y compuestos sulfurados.²²

El bulbo es el Órgano donde se acumulan las sustancias nutritivas de reserva. Las escamas carnosas pueden ser abiertas o cerradas. Las abiertas se forman mediante el engrosamiento de la parte inferior de las vainas de las hojas, que normalmente habrán crecido durante el ciclo vegetativo y ellas envuelven completamente el bulbo. Las escamas cerradas se forman de las vainas enteras de las hojas que no han formado limbo y envuelven una o más yemas.²³

Tallo

El tallo verdadero de la planta es un disco o plato que se encuentra en el extremo inferior de las plantas jóvenes y de los bulbos. Sobre él se forman las yemas y las hojas y de él crecen las raíces adventicias (ASOHOFrucol, FNFH, SENA, 2006), Conformado de una manera caulinar hueco, inicialmente formando por hojas unidas estrechas y acanaladas entre sí, dando lugar en su parte inferior a un inflamamiento fusiforme de cuya base nacen las raíces.²⁴

Hojas

Las hojas son escuamiformes, carnosas sobrepuestas y recubiertas exteriormente por otras escamas secas y membranosas de color rojizo, amarillo o blanco; Caracterizadas por ser largas, cilíndricas y huecas ensanchadas en la mitad inferior, salen del tallo breve, cubriendo las viejas a las más jóvenes; Además, la parte de la base de las hojas al nivel del auténtico tallo, se ensancha haciéndose carnosas y formando un bulbo de dimensiones variables.²⁵

Las hojas de la cebolla son tubulares, puntudas en la parte superior y ensanchada en la parte central. Cada hoja consta de dos partes: limbo (hoja verdadera) y vaina cilíndrica y crece sucesivamente de manera que cada hoja más joven pasa por la vaina de la hoja ya crecida. Así, las vainas cilíndricas de las hojas se sitúan una dentro de otra, y de esta manera se forma el llamado falso tallo.²⁶

²² Guangasi et al, 2012, OP.CIT

²³ ASOHOFrucol, FNFH, SENA, 2006, OP.CIT

²⁴ Guangasi et al, 2012, OP.CIT

²⁵ IBID.

²⁶ ASOHOFrucol, FNFH, SENA, 2006, OP.CIT

Escapo o tallo floral

El escapo o tallo floral alcanza una altura que va entre los 0,6 cm a 1,5 m de textura lisa, hueco, casi ensanchado en la mitad a veces con yemas axilares desarrolladas, dando escapos secundarios. En su extremo superior se prende una mano globosa o cónica recubierta de unas brácteas membranosas y blanquecinas que al rasgarse da lugar a la apariencia de una inflorescencia umbelífera. En el Ecuador solo florecen entre septiembre y noviembre como consecuencia de los días largos de solsticio de verano.²⁷

Flores

El extremo de los tallos se dispone numerosas flores pequeñas y verdosas agrupadas en umbelas. Algunas presentan pétalos violáceos o casi blancos con 2 o 3 brácteas, dispuestas en grandes umbelas; 3 filamentos con la base ensanchada, lobulada o dentada, segmentos del perianto lanceolados y de ovario trilobular.

Fruto

Se constituye como una cápsula globular con 2 semillas en cada lóculo. Donde la cápsula es trilobular que contiene semillas de color negro, angulosas y aplanadas.²⁸

Tabla 2. Ciclo Vegetativo de la Allium Cepa L.

Se distinguen cuatro fases²⁹	
Crecimiento herbáceo	Durante esta fase tiene lugar el desarrollo radicular y foliar.
Formación de bulbos	Paralización del sistema vegetativo aéreo, inicio en la movilización y acumulación de sustancias de reserva desde la base de las hojas interiores, que a su vez, se engrosan para formar el bulbo; En estos momentos, se produce la hidrólisis de los prótidos*, síntesis de glucosa y fructosa que se acumulan en el bulbo.
Reposo vegetativo	La planta detiene su desarrollo y el bulbo maduro se encuentra en latencia.
Reproducción sexual	Se suele producir en el segundo año de cultivo

(*) Los prótidos (proteínas) son compuestos orgánicos formados por C, O, H y N. Suelen aparecer pequeñas cantidades de otros elementos, como el S, P, Fe, Cu y Mg. Los prótidos están formados por la unión de moléculas llamadas aminoácidos.³⁰

²⁷ Guangasi et al, 2012, OP.CIT.

²⁸ IBID

²⁹ TAIPÉ RIERA, E. P. (2012). Evaluar el desarrollo de tres especies vegetales brócoli (brassica oleracea), cebolla de bulbo (allium cepa l.), zanahoria (daucus carota l.) aplicando los principios de rotación en el manejo técnico. Salache (Ceypsa)-Latacunga.

³⁰ DUIOPS© 1997-2009. Los Prótidos. Citado el 11-Nov/15, http://www.duiops.net/seresvivos/celula_morfo_prot.html

2.4 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

Con base a Taípe,³¹ estos son las características del ambiente donde se desarrolla el cultivo de cebolla bulbo.

Temperatura: 15-25 °C

Humedad: 50 % CC. (Capacidad de campo)

PH: 5 a 6,5

Humedad Relativa: 60 %

Textura del suelo: Presenten características arcillosas.

Es una planta de clima templado, aunque en las primeras fases de cultivo tolera temperaturas bajo cero, para la formación y maduración del bulbo, pero requiere temperaturas más altas y días largos, cumpliéndose en primavera para las variedades precoces o de día corto, y en verano-otoño para las tardías o de día largo.³²

Los climas muy húmedos son poco recomendables y se observa que en los veranos lluviosos son algo más dulces pero de difícil conservación con lo que podríamos decir que con una humedad regular en el transcurso del desarrollo se cultivará normalmente; Además, mientras más bajas e intensas son las temperaturas adquieren las cebollas un sabor más acre.³³

La Luminosidad indica que el primer periodo de crecimiento, desde la germinación a la completa formación de hojas, al alargarse el día, cesa la formación de nuevas hojas, y se inicia el segundo periodo que es el crecimiento del bulbo. En algunas variedades las tempranas bastan una fase u otra, tratándose de variedades tardías se requiere más de 16 horas. Si el fotoperiodo es corto, las plantas vegetan sin formar bulbo.³⁴

Prefiere suelos sueltos, sanos, profundos, ricos en materia orgánica, de consistencia media y no calcáreo. Los aluviones de los valles y los suelos de transporte en las dunas próximas al mar le van muy bien. En terrenos pedregosos, pocos profundos, mal labrados y en los arenosos pobres, los bulbos no se desarrollan bien y adquieren un sabor fuerte.³⁵

³¹ Taípe, 2012, OP.CIT

³² Guangasi et al, 2012, OP.CIT

³³ IBID

³⁴ IBID

³⁵ IBID

2.5 MANEJO DEL CULTIVO

Preparación del terreno

La profundidad suelta en el suelo más adecuada es de 30 a 35 cm debido a la corta longitud de las raíces. Hasta la siembra o plantación se completa con los pases de grada de discos necesarios. Si el cultivo se realiza sobre caballones o camas, éstos se disponen a una distancia de 40 cm.³⁶

Siembra

La siembra de la cebolla puede hacerse de forma directa o en semillero para posterior trasplante, siendo esta última la más empleada. La cantidad de semilla necesaria es muy variable (4 g/m²), normalmente se realiza a voleo y excepcionalmente a chorrillo, recubriendo la semilla con una capa de mantillo de 3-4 cm de espesor. La época de siembra varía según la variedad y el ciclo de cultivo.³⁷

Riego

El primer riego se debe efectuar inmediatamente después de la plantación. Posteriormente los riegos serán indispensables a intervalos de 15-20 días. El déficit hídrico en el último período de la vegetación favorece la conservación del bulbo, pero confiere un sabor más agrio. Se interrumpirán los riegos de 15 a 30 días antes de la recolección.³⁸

Control de malezas

El primer control se realiza apenas las plantas han alcanzado los 10 cm de altura, y posteriormente cuando sea necesario, siempre antes de que las malas hierbas invadan el terreno.³⁹

³⁶ IBID.

³⁷ IBID.

³⁸ IBID.

³⁹ IBID.

Fertilización: Requerimientos Nutricionales

Tabla 3. Requerimientos nutricionales de la cebolla ⁴⁰

Requerimientos: Kg/Ha		Producción: 1 Ton/Ha	
N	P205	K2O	MgO
4	1,8	5,3	0,5

Tabla 4. Respuesta del cultivo de cebolla perla (*Allium cepa* L) a la fertilización química orgánica bajo riego por goteo ⁴¹

Requerimientos: Kg/Ha			Producción: 35 Ton/Ha	
N	P205	K2O	Ca	Mg
128	24	99	28	6,3

Tabla 5. Producción de cebolla en honduras ⁴²

Requerimientos: Kg/Ha			Producción : 47 Ton/Ha			
N	P205	K2O	Ca	Mg	S	B
144	135	223	133	48	49	0,23

Tabla 6. Requerimientos nutricionales para cebolla bulbo en Kg/Ha. ⁴³

⁴⁰ COMPOEXPT® FOR GROWTH; Programa de fertilización de ajos y cebollas. Fertilización foliar y suelos. Febrero 2010.

⁴¹ GUERRERO B. I, Y SALAZAR D. W; 2010. Respuesta del cultivo de cebolla perla (*Allium cepa* L) a la fertilización química orgánica bajo riego por goteo. Universidad Técnica De Manabí, Facultad de ingeniería Agronómica. Santa Ana, Manabí, Ecuador.

⁴² MCA-Honduras/EDA; L. R.2007. Manual de producción, el cultivo de la cebolla. Programa de entrenamiento y desarrollo de agricultores (EDA), cuenta del desafío del milenio de Honduras (MCA-Honduras). Mayo.

Requerimientos: Kg/Ha				Producción: 50 Ton/Ha				
N	P	K	Mg	S	Ca	Zn	B	Cu
120	80	150	15	25	20	0,2	0,15	0,1

Tabla 7. Requerimiento Kg/Ha ⁴⁴

Requerimientos: Kg/Ha				Producción: 94 Ton/Ha					
N	P	K	Mg	S	Ca	Zn	B	Cu	Mn
157	22 -28	145 - 210	25	40	135	0,15	0,25	0,28	0,5

2.6 PLAGAS Y ENFERMEADES

Todos los nutrientes esenciales afectan a la salud de las plantas y su susceptibilidad a las enfermedades. Las plantas que sufren un estrés nutricional, serán más susceptibles a las plagas y enfermedades, mientras que las plantas que reciben una nutrición adecuada son más tolerantes o resistentes a estos ataques. La resistencia de las plantas a las enfermedades está relacionada con la genética. Sin embargo, la capacidad de la planta para expresar su resistencia genética a una enfermedad en particular se ve afectada por la nutrición mineral.⁴⁵

Plagas

Trips (*Trips tabaci*)

El adulto mide 1 milímetro de largo aproximadamente, su coloración varía entre amarillo pálido y el pardo oscuro; se reconoce por tener dos pares de alas largas y de color que va del amarillo al gris oscuro. Las hembras poseen alas funcionales

⁴³ NUTRIMON®. Informativo Productivo N° 1. Fertilización de la Cebolla Cabezona. 1era edición, 1 diciembre, 2006.

⁴⁴ HORNECK, D.A. 2004. Nutrient Management for Onions in the Pacific Northwest. Better crops with Plant Food 88 (1): 14 – 16.

⁴⁵ SMART-FERTILIZER®, Enfermedades de las plantas y nutrición mineral, Citado: 28/Feb-16.
<http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/plant-disease-mineral-nutrition>

provistas de largos flecos en los bordes mientras que los machos no carecen de alas.⁴⁶

El daño lo hacen al raspar superficialmente las hojas y chupar el contenido de sus células, por ello las hojas adquieren manchas o estrías plateadas. En épocas secas se constituyen en una plaga importante cuando se multiplican considerablemente. Para capturar adultos se utilizan plásticos de color blanco o azul con pegante distribuidos convenientemente en el cultivo, igualmente es conveniente la destrucción de malezas que hospedan al insecto plaga.⁴⁷

Minador de la Hoja (*Liriomyza huidobrensis*)

Los adultos viven 16 días y son moscas de 2 a 3 milímetros de longitud, de color negro con manchas amarillas en el tórax; la hembra coloca de 200 a 300 huevos, los cuales son colocados en las hojas, observándose como picaduras y eclosionan a los 5 días dando origen a las larvas.⁴⁸

Las larvas son diminutas, miden aproximadamente 2 milímetros de largo, son de color blanco amarillento y en su desarrollo pasan por 3 estados larvales. Se alimentan del parénquima de las hojas dejando minas parecidas a caminitos sinuosos en forma de espiral transparente; la etapa larval dura 7 días y al final hace un agujero para salir, aunque algunas veces empupa en la hoja.⁴⁹

Las pupas se pueden formar tanto en el suelo como en la hoja. Tienen forma de barril, de color marrón y su duración en este estado es entre 8- 15 días, dando origen a los adultos. La duración total del ciclo del minador depende de la situación climática, si hay elevadas temperaturas y poca humedad, el ciclo se completa entre los 25-30 días, de lo contrario se puede alargar un poco más hasta 35-40 días. Es necesario conocer este ciclo de desarrollo para tomar las medidas de manejo adecuado contra los adultos o las larvas ya que en estado de huevo o pupa es más difícil su manejo.⁵⁰

Enfermedades

Mildeo Velloso (*Peronospora destructor*)

Afecta a las plantas en cualquier etapa de crecimiento y desarrollo. Su aparición es favorecida por temperaturas altas en el día y humedad relativa mayor o igual a 95% al amanecer, con rocíos frecuentes y cambio bruscos de temperatura. Cuando se dan estas condiciones, aparece sobre las hojas una cubierta de color

⁴⁶ ASOHOFRUCOL, FNFH, SENA, 2006, OP.CIT

⁴⁷ IBID.

⁴⁸ IBID.

⁴⁹ IBID.

⁵⁰ IBID.

grisáceo que luego se vuelve oscura; si las condiciones ambientales cambian, la hoja afectada se dobla por el punto de infección y seca desde allí hasta el ápice.⁵¹

La enfermedad se caracteriza por lesiones elípticas grandes a lo largo de la hoja. En el tiempo seco, el avance de esta enfermedad puede quedar detenido y reanudarse cuando vuelven as condiciones favorables. Cuando ocurren infecciones suaves del patógeno, se presenta amarillamiento y flacidez de las hojas, que puede confundirse con una maduración normal. En ataques severos la planta permanece pequeña y el bulbo es de mala calidad.⁵²

Mancha Púrpura (*Alternaría porri*)

Al comienzo las lesiones son pequeñas y hundidas, en su centro aparecen manchas oscuras que se agrandan tomando un color rojo púrpura y separado del tejido sano por una zona Clara. En 2-3 semanas estas manchas rodean las hojas y los tallos. En los bulbos, la infección aparece cuando se aproxima la madurez, manifestándose como una pudrición acuosa iniciada en el cuello o en las lesiones sufridas durante la cosecha. El hongo puede ser transportado en la semilla, las lluvias o el viento y permanecer viable por unos pocos meses.⁵³

Pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*)

Ataca al bulbo y se manifiesta en el por la presencia de un micelio (crecimiento del hongo) superficial blanco y sedoso, y la formación de esclerocios negros (estructuras de reproducción del hongo), pequeños y esféricos. Los tejidos afectados inmediatamente manifiestan una pudrición semi-acuosa. A su vez, las hojas forman un amarillamiento progresivo y terminan secándose por la intensidad del ataque. Si la infección tiene lugar cerca del momento de cosecha, solo aparece como pudrición incipiente para luego continuar desarrollandose como pudrición de almacenamiento.⁵⁴

El hongo penetra en forma directa y sobrevive en el suelo mediante sus esclerocios por un tiempo igual o superior a diez semanas. Se disemina por el agua de riego o por la escorrentía superficial del agua Lluvia, también las herramientas e implementos utilizados en las labores del cultivo pueden contribuir a diseminar la enfermedad.⁵⁵

Nemátodos (*Ditylenchus dipsaci*)

⁵¹ IBID.

⁵² IBID.

⁵³ IBID.

⁵⁴ IBID.

⁵⁵ IBID.

Este nemátodo, ha tomado mucha importancia en nuestro medio debido a su gran poder de diseminación a través de los bulbos utilizados como semillas y a su poder de infectar la planta a partir del suelo contaminado. Los adelantos en investigación demuestran la asociación de nemátodos con bacterias y nemátodos con hongos.⁵⁶

Bacterias

Tizón bacteriano del puerro (*Pseudomonas syringae* pv. *Porri*.)

En sus inicios, la enfermedad parece una lesión larga y acuosa de color verde oscuro que se forma en los bordes y punta de las hojas. A medida que se extiende, las lesiones se vuelven entre naranjas y cafés, rodeadas de clorosis y pueden llegar a extenderse como una delgada línea desde la punta de la hoja hasta la vaina. Cuando la lesión llega a la vaina, la hoja enferma se torna verde clara, se enrolla, se rompe y finalmente se marchita y muere. Las plantas gravemente enfermas presentan deformidades, son más pequeñas de lo normal y no se pueden cosechar.⁵⁷

Las semillas infestadas y los restos de cultivo infectados de una cosecha previa de poro, son una fuente primaria de inóculo. La bacteria puede infectar y permanecer latente en la planta hasta que las condiciones ambientales favorezcan el desarrollo de la enfermedad. Por lo general, los climas cálidos y el exceso de humedad estimulan la aparición de los síntomas y la propagación de la enfermedad.⁵⁸

Pudrición Blanda Bacteriana (*Dickeya chrysanthemi* i (syn. *Erwinia chrysanthemi*), *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (syn. *E. carotovora* subsp. *carotovora*)

La pudrición blanda bacteriana es mayormente un problema de los bulbos maduros. Al principio, las escamas afectadas son entre amarillo pálido y café claro y de apariencia acuosa cuando están infectadas de *Dickeya chrysanthemi* o entre gris claro y blanco cuando tienen *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Cuando la pudrición blanda avanza, las escamas carnosas infectadas se vuelven blandas y pegajosas y el interior del bulbo se rompe. Se puede extraer un líquido denso y fétido del cuello de los bulbos infectados.⁵⁹

La pudrición blanda bacteriana es más común en las cebollas almacenadas o en tránsito; la enfermedad puede desarrollarse en las cebollas del campo antes de la

⁵⁶ PINZÓN, H. (2011). Los cultivos de cebolla y ajo en Colombia: estado del arte y perspectivas. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 3(1), 45-55.

⁵⁷ SEMINIS®. Guía de la enfermedad de la cebolla, Enfermedades Bacterianas.

<https://www.seminis.com/global/es/growerresources/Documents/guias%20enfermedades/GUIA%20ENFERMEDAD%20CEBOLLA.pdf>

⁵⁸ IBID.

⁵⁹ IBID.

cosecha, después de lluvias torrenciales y cuando las hojas se están secando. La primera fuente de inóculo son las tierras contaminadas, así como los restos de cultivo. La bacteria se esparce a través de la lluvia, aguas de riego e insectos. Su entrada al bulbo solo se da a través de lesiones causadas por trasplantes, maquinaria e insolación (planchado) de las plantas. Los gusanos de la cebolla también pueden transmitir la pudrición blanda bacteriana mientras se alimentan. Esta enfermedad se ve favorecida por ambientes cálidos y húmedos con un rango óptimo de temperatura de 20-30 ° C. Sin embargo, durante el almacenamiento o el tránsito, la pudrición blanda puede desarrollarse cuando las temperaturas están por encima de 3 °C.⁶⁰

3. MUESTREO Y MEDICIÓN

Muestreo de Suelos, se define como la recolección de muestras de suelo en el campo para su análisis en el laboratorio, antes de muestrear, es necesario analizar e identificar los problemas físicos que allí se encuentran, que los provoca o de donde se derivan, para al fin y al cabo, que acción es mejor ejecutarse. Medición, incluye no solamente los pasos utilizados para realizarla sino también el uso que se le da para llegar a conclusiones que logren satisfacer las incógnitas planteadas.⁶¹

4. INTERPRETACIÓN ANALISIS DE SUELOS

La caracterización física del suelo para poderla expresar en términos cuantitativos, hay que resaltar sus propiedades pertinentes y medibles; Por lo cual, hay que distinguir entre propiedades estáticas y propiedades dinámicas, las propiedades estáticas son intrínsecas al material en sí mismo y no son afectados por ninguna variable externa. Las propiedades dinámicas, por otra parte, se manifiestan como respuestas a efecto externos que tienden a causar deformación y fallas al material. Sin embargo, no es conveniente proponer soluciones alternas para superar los problemas físicos que se presenta en el suelo debido a su formación natural; sí es el caso de los problemas químicos, los fertilizantes permiten ajustar esa barrera natural que para la producción de los cultivos presenta un adecuado suministro de nutrientes.⁶²

De esta manera, es imposible cuantificar las propiedades físicas, es conveniente agruparlas dentro de rangos o parámetros debido a que todos los suelos tienen sus propias características y cada planta necesita de condiciones adecuadas para

⁶⁰ IBID.

⁶¹ LORA, S. RODRIGO. 2003. Las propiedades químicas del suelo y su fertilidad. Pág 31; Manejo Integral de la fertilidad del suelo. 1era Edición, 230 Pág; Publicación de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo (SCCS); Bogotá, D.C., Colombia.

⁶² IBID.

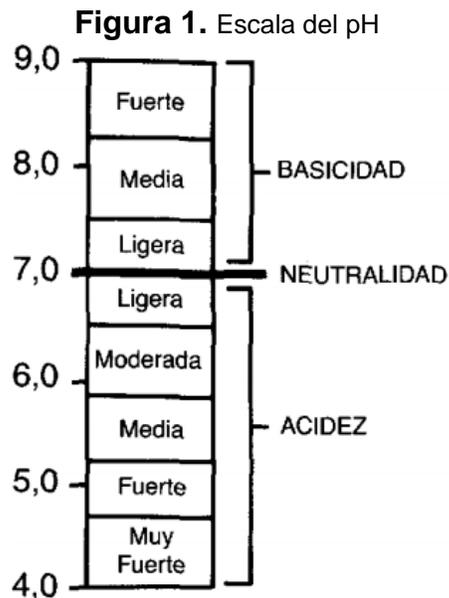
su desarrollo; Dicho de manera general, la interpretación de los análisis están ligadas ante todo a unas tendencias de acuerdo con el tipo de suelo, es decir su origen, su constitución y a las necesidades de las plantas.⁶³

5. ENMIENDA

5.1 EL pH DEL SUELO

El término pH define la acidez y/o basicidad relativas de una sustancia. La escala del pH cubre una gama desde cero (0) hasta catorce (14). Un valor de pH de 7,0 es neutral. Los valores inferiores a 7,0 son ácidos. Los valores superiores a 7,0 son básicos. La mayoría de los suelos productivos tienen niveles de pH que oscilan entre 4,0 y 9,0. Los grados de acidez y basicidad para dicha gama de pH se muestran en esta escala.⁶⁴

Un ácido es una sustancia que suelta iones de (H^{+1}). Cuando el suelo está saturado con H^{+1} se comporta como un ácido débil. Mientras más H^{+1} esté retenido en el complejo de intercambio, mayor será la acidez del suelo. El aluminio también actúa como un elemento acidificante activando el H^{+1} . Los iones básicos como el Ca^{+2} y el Mg^{+2} hacen al suelo menos ácido (más básico) en su reacción.⁶⁵



Tomado de: (Potash & Phosphate Institute, 1988)

Los requerimientos de cal de un suelo, no sólo están relacionados con el pH de dicho suelo, sino también con su capacidad reguladora (tampón) o de intercambio

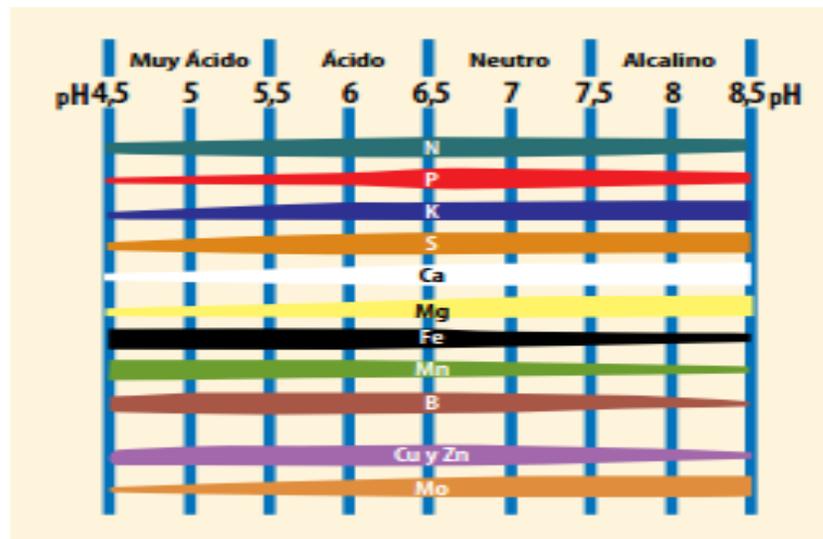
⁶³ IBID.

⁶⁴ POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. 1988. Manual de fertilidad de los suelos. 1ª. Impresión en español. Potash & Phosphate Institute. Norcross, Georgia, USA. 85 p.

⁶⁵ IBID.

catiónico. Las cantidades totales de materia orgánica y de arcilla de un suelo, así como la clase de arcilla, determinarán cuánta capacidad reguladora posee dicho suelo - es decir, con cuánta resistencia el mismo se opone a un cambio de pH. La capacidad reguladora (tampón) aumenta con la cantidad de arcilla y de materia orgánica. Este tipo de suelo requiere más cal para aumentar el nivel de pH que los suelos dotados de una capacidad reguladora más baja. Los suelos arenosos, pobres en arcilla y materia orgánica, tienen una capacidad reguladora más débil, por lo cual requieren menor cantidad de cal para cambiar el nivel de pH.⁶⁶

Un método común para determinar la necesidad de cal está basado en el cambio de pH de una solución tampón comparado con el pH de una suspensión de suelo y agua. Un suelo ácido reducirá el pH de la solución tampón. El pH es reducido en proporción al pH original del suelo y a la capacidad reguladora del mismo. Al calibrar los cambios de pH de la solución tampón que acompañan la adición de ácido en cantidades conocidas, podrá determinarse la cantidad de cal requerida para llevar el suelo a un contenido de pH específico.⁶⁷



Fuente: E. Truog (1951)

Tomado de: (García-Serrano et al, 2010)

Figura 2. Disponibilidad de los nutrientes en función del pH del suelo

5.2 Encalado

Consiste en la aplicación al suelo de sales básicas que neutralizan la acidez. Los materiales que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de acidez son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio

⁶⁶ IBID.

⁶⁷ IBID.

(Mg). Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una variable capacidad de neutralización.⁶⁸

5.3 Cal Agrícola o Calcita

Este es el material más utilizado para encalar los suelos y contiene principalmente carbonato de calcio (CaCO₃). Se obtiene a partir de roca caliza y roca calcárea o calcita que se muele y luego se cierne en mallas de diferente tamaño. Las rocas calizas no son puras y pueden contener impurezas arcillas, hierro, arena y granos de limo que reducen el contenido de carbonato. En su forma pura contienen 49 % de Ca.⁶⁹

Tabla 8. Equivalentes químicos y composición química de materiales de encalado puros.

Material	Equivalente Químico (EQ)	Fórmula	Contenido de Ca (%)	Contenido de Mg (%)
Carbonato de Calcio	100	CaCO ₃	40	
Dolomita	108	CaCO ₃ • MgCO ₃	21.6	13.1
Oxido de calcio	179	CaO	71	
Hidróxido de calcio	138	Ca(OH) ₂	54	
Hidróxido de magnesio	172			41
Carbonato de magnesio	119			28.5
Oxido de magnesio	248	MgO		60
Silicato de calcio	86	CaSiO ₃	34.4	
Silicato de magnesio	100	MgSiO ₃		24

Tomado de: (Espinosa & Molina, 1999)

6. ELEMENTOS NUTRICIONALES EN LAS PLANTAS

6.1 NITROGENO

Generalidades

El nitrógeno, factor de crecimiento y desarrollo. El nitrógeno es uno de los constituyentes de los compuestos orgánicos de los vegetales.⁷⁰

Este elemento, interviene en la multiplicación celular y se considera factor de crecimiento; es necesario para la formación de los aminoácidos, proteínas, enzimas, etc. De modo que, el aporte del nitrógeno en cantidades óptimas conduce a la obtención de forrajes y granos con mayor contenido proteico. Además, muy recientemente se ha demostrado la relación directa del nitrógeno con el contenido en vitaminas.⁷¹

⁶⁸ ESPINOSA J, & MOLINA E. 1999.ACIDEZ Y ENCALADO DE LOS SUELOS Primera Edición. International Plant Nutrition Institute Casilla 17-17-980 Quito - Ecuador.Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica Apartado 2060-1000 San José - Costa Rica International Plant Nutrition Institute.

⁶⁹ IBID.

⁷⁰ GARCÍA-SERRANO, P., RUANO, S., MAROTTA, J., & NOGALES, M. (2010). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Parte I. Gobierno de España. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España.

⁷¹ IBID.

El nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de la molécula de clorofila, tiene un papel en el proceso de fotosíntesis. La falta de N y clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El nitrógeno N es también un componente de las vitaminas y sistemas de energía de la planta.⁷²

El nitrógeno en el suelo

La cantidad de N en el suelo en forma disponible es pequeña. Muy poco N se encuentra en las rocas y minerales que dieron origen al suelo. La mayoría del N del suelo proviene de la atmósfera terrestre, la cual contiene cantidades ilimitadas. Cerca del 80% del aire que respiramos es N.⁷³

Según el Potash & Phosphate Institute,⁷⁴ el N que se presenta en el suelo lo hace en tres formas principales:

1. Nitrógeno orgánico: Hace parte de la materia orgánica del suelo no disponible para las plantas en crecimiento.
2. Nitrógeno amoniacal: fijado en minerales arcillosos, disponible en forma lenta para las plantas.
3. Iones de amonio y nitrato en compuestos solubles: el N que las plantas principalmente utilizan.

Mineralización e Inmovilización del Nitrógeno⁷⁵

El suelo contiene una proporción relativamente grande de N no disponible (orgánico) y una pequeña proporción de N disponible (inorgánico), como se ilustra a continuación.

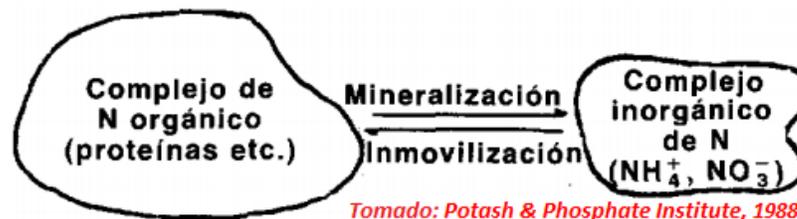


Figura 3. Mineralización e Inmovilización del Nitrógeno en el Suelo

El N orgánico representa el 97-98% del N total del suelo. El N inorgánico normalmente representa sólo entre el 2-3%. De modo que el proceso mediante el

⁷² Potash & Phosphate Institute, 1988, OP. CIT.

⁷³ IBID.

⁷⁴ IBID.

⁷⁵ IBID.

cual las formas orgánicas, no disponibles, de N se hacen disponibles para las plantas se llama: **mineralización**; Se produce a medida que los microorganismos descomponen las materias orgánicas para obtener su energía. A medida que la materia orgánica es descompuesta, los organismos utilizan parte de la energía liberada mas parte de los nutrientes esenciales que se encuentran en la materia orgánica.⁷⁶

Una vez que los organismos han utilizado todos los nutrientes que necesitan, el exceso (tal como el N) es liberado al suelo para el crecimiento de las plantas. El N también puede convertirse de sus formas inorgánicas a formas orgánicas, tal como la flecha de doble dirección lo señala (ver **figura 3**). Este proceso se llama **inmovilización**; Es el proceso opuesto al de la mineralización. Se produce **inmovilización** cuando se incorporan al suelo materias orgánicas frescas tales como residuos de cosechas. A medida que los microorganismos se encargan en forma vigorosa de descomponer esta fuente de energía fresca (los residuos), necesitan de N para construir la proteína de sus tejidos. A menos que los residuos sean relativamente altos en N, los organismos absorberán formas inorgánicas de N desde el suelo para satisfacer sus necesidades.⁷⁷

En esta forma, el nitrógeno mineral del suelo es convertido a N orgánico en las proteínas microbianas, quedando no disponible para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, la mayor parte de este N volverá a su forma disponible a medida que los cuerpos de las bacterias se descomponen. La mineralización y la inmovilización se presentan en los suelos en forma simultánea. El hecho de que los suelos tienden a incrementar las formas orgánicas o inorgánicas del N dependerá en gran parte de la proporción carbono/nitrógeno (C/N) de los materiales orgánicos que se están descomponiendo.⁷⁸

Cuando la inmovilización del N del suelo excede la mineralización, prácticamente no se encontrará N disponible para el crecimiento del cultivo, a menos que se hayan aplicado fertilizantes nitrogenados cerca de las raíces. Este proceso se llama "período de depresión de nitratos". Se trata de un período crítico para el cultivo. Su duración dependerá de tres factores:

- (1) La proporción C/N de la materia que se está descomponiendo;
- (2) La cantidad del residuo vegetal agregado al suelo y
- (3) Las condiciones ambientales del suelo.

El agregar una cantidad mayor de residuos generalmente alarga este período, mientras que una cantidad adecuada de N por lo general acorta dicho período. Para evitar este problema o evitar sus efectos, se sugiere enterrar los residuos con

⁷⁶ IBID.

⁷⁷ IBID.

⁷⁸ IBID.

bastante anticipación a la siembra para que se produzca una descomposición adelantada.⁷⁹

Nitrificación y Desnitrificación

Bajo condiciones que favorezcan el crecimiento de las plantas, la mayor parte de N amoniacal será convertida a N nítrico por ciertas bacterias nitrificantes. Este proceso se denomina nitrificación.⁸⁰ Es importante por tres razones:

1. Los nitratos son utilizados inmediatamente tanto por los cultivos como por los microorganismos. Los organismos también usan NH₄ bajo condiciones aireadas.⁸¹
2. Los nitratos tienen una movilidad muy alta en el suelo. Se mueven libremente con el agua del suelo. De modo que los nitratos pueden ser lixiviados del perfil del suelo, más profundamente en los suelos arenosos que en los suelos de texturas más finas con drenaje moderado y alta pluviosidad; Sin embargo, el manejo adecuado del N puede controlar su lixiviación a las aguas freáticas.⁸²
3. Los nitratos se pueden perder por desnitrificación un proceso mediante el cual los nitratos son reducidos a óxido nitroso o nitrógeno elemental perdiéndose en la atmósfera como un gas.⁸³

La desnitrificación normalmente ocurre en suelos altos en materia orgánica, bajo períodos largos de inundación y con temperaturas altas. Existen cinco condiciones del suelo que parecen tener la mayor influencia en los procesos de nitrificación y desnitrificación:

El pH del suelo - La velocidad de nitrificación es por lo general lenta en suelos ácidos. Ha ocurrido entre los pH 4,5 Y 10,0. Pero el pH 8,5 es el óptimo. El encalado de los suelos ácidos beneficia a las bacterias nitrificantes. El encalado ha demostrado que aumenta la desnitrificación bajo ciertas condiciones.⁸⁴

Humedad - Las bacterias nitrificadoras permanecen activas en condiciones bastante secas pero son inactivas en suelos inundados. Los suelos con humedad suficiente como para que el cultivo crezca, tendrán humedad suficiente para una nitrificación normal. Los suelos "encharcados" no contienen oxígeno suficiente para ser usados por las bacterias nitrificadoras. Como resultado de ello, se producirán muy pocos nitratos. Cuando se excluye el oxígeno del suelo, puede

⁷⁹ IBID.

⁸⁰ IBID.

⁸¹ IBID.

⁸² IBID.

⁸³ IBID.

⁸⁴ IBID.

presentarse desnitrificación bacterial conllevando a reducir el suministro de N en forma considerable.⁸⁵

Temperatura - La nitrificación comienza lentamente - justo por encima del punto de congelación, y sigue aumentando a medida que la temperatura sube hasta los 30°C. Por encima de esta temperatura la proporción disminuye. La proporción de las reacciones de desnitrificación aumenta también a medida que aumenta la temperatura del suelo.⁸⁶

Aireación - La nitrificación requiere oxígeno. Un suelo de textura entre media y gruesa y bien aireado debería poder aumentar el oxígeno y acelerar la nitrificación mediante un buen drenaje e intercambio de aire entre el suelo y la atmósfera (intercambio de oxígeno).⁸⁷

Residuos vegetales - La desnitrificación ocurre a medida que las bacterias del suelo oxidan los residuos orgánicos. Mayores cantidades de residuos en combinación con bajos niveles de oxígeno en el suelo aumentan las reacciones de desnitrificación y las pérdidas de nitrógeno.⁸⁸

Fijación del Nitrógeno

⁸⁹Cuando el N atmosférico se combina con el hidrógeno o el oxígeno, ocurre un proceso llamado "fijación". Este proceso debe ocurrir antes de que el N sea usado por las plantas. La fijación ocurre de diferentes maneras:

a) **Biológica** - La fijación biológica puede ser simbiótica o no simbiótica. La fijación simbiótica del N se refiere a microorganismos que fijan el N mientras crecen en asociación con una planta huésped, beneficiando a ambos - al organismo y a la planta. El ejemplo más conocido es la asociación entre las bacterias *Rizobium* y las raíces de las leguminosas. Las bacterias forman nódulos en las raíces de las plantas. Estos nódulos fijan el N de la atmósfera, haciéndolo disponible para la leguminosa. La leguminosa contribuye con hidratos de carbono que proporcionan energía a los nódulos, fijando así el nitrógeno a una de fijación que oscilan entre unos pocos kilos y más de 500 kg/ha de N por año.⁹⁰

La fijación no simbiótica del N es llevada a cabo por bacterias que viven independientes en el suelo. La cantidad de N fijada por estos organismos es mucho menor que la cantidad fijada simbióticamente. La mayoría de las

⁸⁵ IBID.

⁸⁶ IBID.

⁸⁷ IBID.

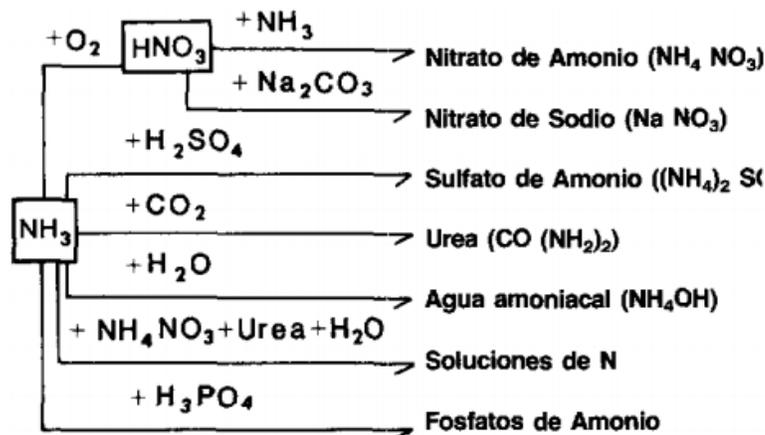
⁸⁸ IBID.

⁸⁹ IBID.

⁹⁰ IBID.

estimaciones indican que hasta 20 kg/ha o más son fijados anualmente por bacterias de vida independiente.⁹¹

- b) **Oxidación natural** - El calor generado por los relámpagos hace que el oxígeno reaccione con el N en el aire, formando luego N-nítrico. La lluvia y la nieve agregan solamente alrededor de 6 a 10 kg de N/ha promedio por año.⁹²
- c) **Industrial** - Los procesos industriales fijan N eficazmente en formas disponibles para las plantas. El proceso más importante sintetiza amoníaco (NH_3), a partir del N y el H, en la forma siguiente: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 - 2\text{NH}_3$ • El H_2 es generalmente obtenido del gas natural. El N_2 proviene directamente del aire. La figura que sigue muestra cómo el amoníaco puede ser utilizado para hacer otros fertilizantes.⁹³



Tomado: Potash & Phosphate Institute, 1988

Figura 4. Elaboración de varios fertilizantes a partir del amoníaco.

Perdidas de nitrógeno

Las cosechas remueven mucho N del suelo. La cantidad depende del tipo y la cantidad de la cosecha. El efecto neto de la remoción por la cosecha es reducir los niveles de N en el suelo. Más abajo se describen otros tipos de pérdidas de N.⁹⁴

Reacciones del amonio - Cuando los fertilizantes nitrogenados tales como nitrato de amonio o sulfato de amonio se aplican en la superficie de suelos alcalinos o calcáreos, una reacción química puede producir pérdidas de N en forma de gas NH_3 , proceso llamado "volatilización". Reacciones similares pueden ocurrir en

⁹¹ IBID.

⁹² IBID.

⁹³ IBID.

⁹⁴ IBID.

suelos recién encalados. Las pérdidas por volatilización pueden ser altas bajo temperaturas altas y ciertas condiciones de humedad. Para evitar tales pérdidas incorpore los fertilizantes aplicados en suelos alcalinos o calcáreos.⁹⁵

Urea - El nitrógeno aplicado como urea en la superficie se convierte rápidamente en NH₃ cuando existe adecuada humedad, temperatura y presencia de la enzima ureasa. Este NH₃ puede escapar a la atmósfera a través de la volatilización. Esta pérdida puede evitarse mediante (1) incorporación de la urea, (2) aplicarla cuando las temperaturas sean bajas, o (3) regar inmediatamente después de aplicada para que ésta penetre en el suelo.⁹⁶

Amoniaco anhidro - El amoníaco anhidro es un gas, de modo que debe ser colocado en forma adecuada en el suelo para prevenir pérdidas en la atmósfera. Se pueden presentar pérdidas cuando el NH₃ es aplicado a suelos *muy* húmedos. El momento ideal de aplicación es cuando la humedad está por debajo de la capacidad de campo: - húmedo, pero no inundado y no muy seco. Los suelos arenosos y con CIC baja necesitan de una aplicación más profunda que los suelos de tipo arcilloso.⁹⁷

El nitrógeno en las plantas

Presenta muchas funciones en las plantas, de la cual, absorben la mayor parte del N en la forma de iones de amonio (NH⁺⁴) o de nitrato (NO⁻³). La absorción directa de urea puede ocurrir a través de las hojas y pequeñas cantidades de N son obtenidas 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 N en la forma de nitrato.⁹⁸

Las investigaciones han demostrado que los cultivos utilizan cantidades considerables de amonio, si éste se encuentra en el suelo. La razón de este alto rendimiento es que la reducción de nitrato en la planta requiere energía (el nitrato es reducido a amonio, y una vez dentro de la planta convertido en aminoácidos). Esta energía es suministrada por carbohidratos que pudieran ser utilizados de otra manera en la formación de otras partes de la planta.⁹⁹

El nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de la molécula de clorofila, tiene un papel en el proceso de fotosíntesis. La falta de N y clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El

⁹⁵ IBID.

⁹⁶ IBID.

⁹⁷ IBID.

⁹⁸ IBID.

⁹⁹ IBID.

nitrógeno N es también un componente de las vitaminas y sistemas de energía de la planta.¹⁰⁰

Deficiencias de N en las plantas

Un suministro adecuado de N produce hojas de color verde oscuro, con motivo de una alta concentración de clorofila¹⁰¹. La deficiencia en nitrógeno afecta de manera notable al desarrollo de la planta. Se manifiesta, en primer lugar, en las hojas viejas, que se vuelven cloróticas desde la punta hasta extenderse a la totalidad a través del nervio central. Las hojas adquieren un color verde amarillento y en los casos más graves la planta se marchita y muere (fisiopatía provocada en las plantas por falta de clorofila, que precisa cuatro átomos de nitrógeno para cada molécula).¹⁰²

Cantidades inadecuadas de N producen bajos niveles de proteína en la semilla y puntos vegetativos de la planta. Las plantas deficientes en N tienden a atrofiarse, crecen más lentamente y producen menos hijuelos que lo normal. También presentan menor número de hojas y en algunos cultivos tales como el algodón producen madurez prematura comparada con las plantas con cantidades adecuadas de N.¹⁰³

6.2 FOSFORO

Generalidades

El fósforo, factor de precocidad. Estimula el desarrollo de las raíces y favorece la floración y cuajado de los frutos, interviniendo en el transporte, almacenamiento y transferencia de energía, además de formar parte de fosfolípidos, enzimas, etc. Es considerado factor de precocidad, ya que activa el desarrollo inicial de los cultivos y favorece la maduración.¹⁰⁴

El fósforo en el suelo

El fósforo elemental es químicamente muy activo. Debido a ello no se le encuentra en estado puro en la naturaleza. Se le encuentra sólo en combinación con otros elementos.¹⁰⁵

¹⁰⁰ IBID.

¹⁰¹ IBID.

¹⁰² García-Serrano et al, 2010, OP. CIT.

¹⁰³ Potash & Phosphate Institute, 1988, OP CIT.

¹⁰⁴ García-Serrano et al, 2010, OP. CIT.

¹⁰⁵ Potash & Phosphate Institute, 1988, OP CIT.

El P del suelo proviene en su mayor parte de la intemperización de la apatita, un mineral que contiene P y Ca, junto con otros elementos como flúor y cloro. A medida que la apatita se descompone y desprende P en el suelo, se forman numerosos compuestos de P incluyendo los dos ortofosfatos que las raíces de las plantas absorben. Estos son generalmente solubles y se les puede encontrar disueltos en pequeñas cantidades en la solución del suelo.¹⁰⁶

Una parte del P formará compuestos con el Ca, Fe y Al, ya sea su origen la apatita, fertilizantes, estiércol, o materia orgánica. La mayoría de estos compuestos no serán utilizados por las plantas debido a que son insolubles. Se dice que se encuentran en forma "invertida" o "fija"; Sin embargo, los fosfatos dicálcicos u octocálcicos son relativamente utilizables.¹⁰⁷

Otras fuentes de P incluyen la materia orgánica, el humus, microorganismos y los cuerpos de insectos y otras formas de vida en descomposición. La capa arable de la mayoría de los suelos contiene entre 800 y 1.600 kg de P por hectárea, combinado con otros elementos la mayoría en forma no disponible para las plantas. Sólo una cantidad muy pequeña del P total del suelo se encuentra en solución en un momento dado, por lo general menos de 4 kg por ha; Por lo tanto, a medida que las raíces penetran el perfil del suelo para usar el P disponible, éste debe ser reemplazado en forma continua.¹⁰⁸

El P en la solución del suelo es reemplazado unas dos veces al día, o alrededor de 250 veces durante la estación de crecimiento de cultivos tales como el maíz y la soja. Para que un suelo produzca altos rendimientos debe reabastecer o mantener un nivel de P adecuado en solución.¹⁰⁹

El diagrama siguiente muestra: (1) cómo la solución del suelo es reabastecida con p, (2) cómo éste se torna no disponible, (3) cómo es removido (o perdido) del suelo.

¹⁰⁶ IBID.

¹⁰⁷ IBID.

¹⁰⁸ IBID.

¹⁰⁹ IBID.



Tomado: Potash & Phosphate Institute, 1988

Figura 5. Ciclo del Fósforo

Note la doble flecha entre "P en la solución suelo" y "Minerales". RECUERDE: El P se torna disponible a través de la intemperización de los minerales. Pero también se torna no disponible o "fijo" de tal forma que las plantas no pueden usarlo.

El P se mueve muy poco en la mayoría de los suelos. Por lo general se queda en el lugar en que es puesto ya sea por la intemperización de los minerales o por la fertilización. De modo que, el P que se pierde por lixiviación es muy poco, si bien es cierto que éste se mueve con mayor facilidad en los suelos arenosos que en los arcillosos. La erosión superficial (escurrimiento) puede remover las partículas de suelo que contienen P. Las pérdidas importantes de P ocurren únicamente por escurrimiento o por la remoción efectuada por las plantas.¹¹⁰

Prácticamente todo el P del suelo se mueve por difusión, un proceso lento y de corto alcance, que depende de la humedad del suelo. La difusión en los suelos secos es extremadamente baja. El K también se mueve por difusión, pero éste es más soluble que el P, de modo que tiende a moverse a distancias mayores. Si comparamos las distancias a que se mueven el N, P, K y Ca desde su punto de ubicación, vemos cuán libremente se mueve el N (como NO₂) en el suelo. Recuerde que esta comparación es sólo relativa, no absoluta.¹¹¹

La máxima disponibilidad de fósforo se encuentra entre los pH 6,0 Y 7,0. La **REACCION DEL SUELO** (pH) influye enormemente en la solubilidad de los compuestos de P en el suelo. Cuán DISPONIBLE es el fósforo. Cuán FIJO o LIGADO se vuelve en el suelo. En suelos ácidos (pH DECRECIENTE), el P reacciona con el hierro, manganeso y el aluminio para formar productos insolubles que hacen al P menos disponible. En suelos alcalinos (pH CRECIENTE), el calcio reacciona con el P disminuyendo su disponibilidad a medida que el pH aumenta

¹¹⁰ IBID.

¹¹¹ IBID.

por encima de 7,0. Las formas más solubles o DISPONIBLES de P se presentan entre los pH 5,5 Y 7,0. Esto hace que un buen programa de encalado sea esencial en los suelos muy ácidos.¹¹²

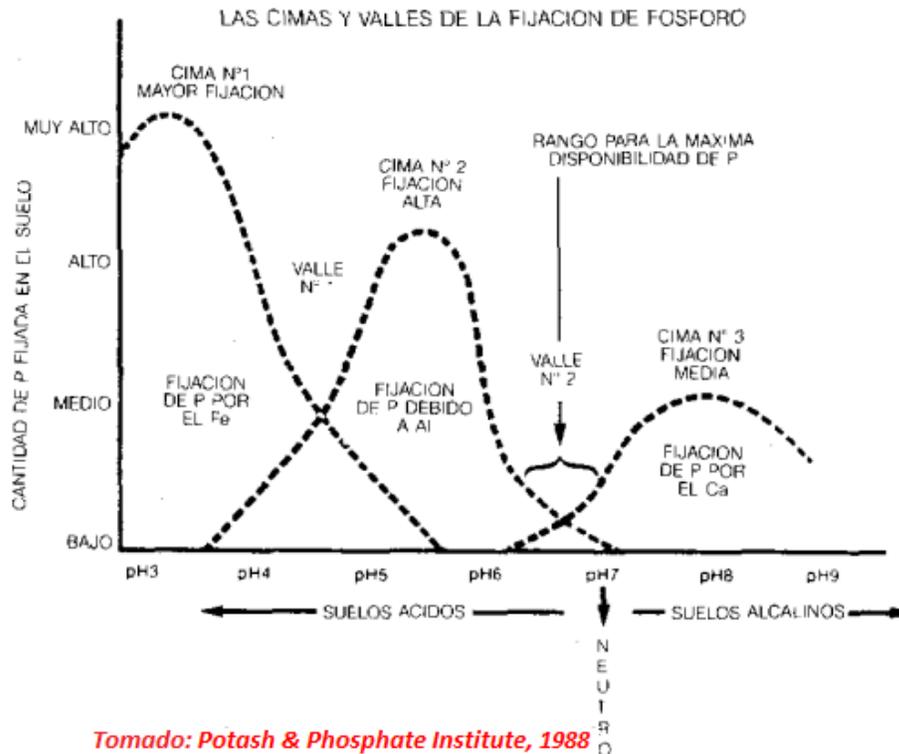


Grafico 1. Fijación del Fósforo, según el pH de los suelos.

El fósforo en las plantas

Las plantas absorben la mayor parte del fósforo que necesitan como ión ortofosfato primario (H_2PO_4). También absorben cantidades menores del ión orlofosfato secundario (HPO_4). El pH del suelo influye enormemente en la proporción con que estos iones son absorbidos por la planta. Otras formas de P también pueden ser utilizadas, pero en cantidades mucho menores que los ortofosfatos.¹¹³

El P actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división celular, alargamiento celular y muchos otros procesos de la planta viviente; lo cual, la formación temprana, el crecimiento de las raíces y mejora la calidad de numerosas frutas, verduras y cereales ya que es vital para la

¹¹² IBID.

¹¹³ IBID.

formación de semillas. La concentración de P es más alta en la semilla que en ninguna otra parte de la planta madura. El P permite a las plantas soportar inviernos rigurosos y aumenta la eficiencia de uso del agua. Es importante saber que el P acelera la madurez, lo cual es importante para la cosecha y para la calidad del cultivo (ver figura N°6). El P contribuye a aumentar la resistencia a las enfermedades en algunas plantas.¹¹⁴

Funcionamiento de los fósfitos

El ión fosfito es un compuesto relativamente sencillo pero de una gran importancia en sanidad vegetal, El fosfito es una forma del fósforo que permanece dentro de la planta como tal, traslocándose de forma ascendente y descendente (sistémico) a través de xilema y floema. De esta manera, los fosfatos son metabolizados por las plantas y utilizados como nutrientes; por consiguiente, presenta un efecto fungicida frente a hongos del tipo Oomicetos, es decir, la molécula de fosfito actúa sobre ciertos hongos de forma directa, inhibiendo el desarrollo micelial en algunos patógenos y la esporulación en otros. En otros casos actúa de forma indirecta, estimulando en el vegetal la producción de sustancias naturales metabolizadas por sus mecanismos de defensa y además es un excelente elemento nutritivo.¹¹⁵

Su actividad fúngica es doble, por una parte, está implicado en activar los sistemas naturales de defensa de la planta, mientras que el otro modo de acción está dado a que el ión fosfito provoca cambios en la pared celular del Oomiceto, dando como resultado que fracciones de ésta actúen a modo de elicitores externos, desencadenando todo el proceso de activación de defensas anteriormente comentado.¹¹⁶

El ión fosfito, ejerce un efecto directo sobre el metabolismo fúngico. Este ión compite con el fósforo en diversas rutas metabólicas catalizadas por diversas enzimas fosforelativas. De esta manera, los procesos implicados en transferencia energética del hongo, sufren un considerable retraso e incluso pueden llegar a bloquearse. El efecto general producido en el hongo, podría compararse a un estado de ausencia total de fósforo disponible en la planta para cubrir las necesidades del hongo. Así mismo, el ión fosfito penetra fácilmente en la planta y es sistémico por lo que facilita la distribución de los elementos nutrientes a los que está unido químicamente.¹¹⁷

¹¹⁴ IBID.

¹¹⁵ Marveggio, A. 2012. Fosfito de potasio, un nuevo concepto en sanidad y fertilización. Consulta realizada: 26/Feb-2016. <http://agrotemario.com/noticia/936/fosfito-de-potasio-un-nuevo-concepto-en-sanidad-y-fertilizacion>.

¹¹⁶ Guangasi et al, 2012. OP. CIT.

¹¹⁷ IBID.

Las plantas normalmente reaccionan al estímulo del ataque de patógenos sintetizando proteínas relacionadas al patógeno comúnmente llamadas *fitoalexinas*. La molécula de fosfito dentro del vegetal, activa estos mecanismos de defensa natural sin la necesidad de la presencia del patógeno. De esta forma, la planta está con cierto nivel de defensas en su sistema al momento del ataque del patógeno, reduciendo así la intensidad de las enfermedades. Además, se hace referencia al fosfito como un excelente complejante de nutrientes y micronutrientes como es el caso del Boro, Calcio, Molibdeno, Magnesio, Zinc y Potasio, favoreciendo no solo su entrada en el vegetal sino en el transporte dentro del mismo hacia los lugares de síntesis.¹¹⁸

Los Fósfitos

El fósforo (P) es un elemento esencial requerido por todos los organismos vivos. El P en forma elemental no aparece en la naturaleza porque es muy reactivo, se combina rápidamente con otros elementos como oxígeno (O) e hidrógeno (H). Cuando se oxida completamente, el P se une con cuatro átomos de O para formar la conocida molécula de fosfato. Sin embargo, cuando no se oxida completamente un átomo de H ocupa el lugar de O y la molécula resultante se denomina fosfito. Este aparentemente simple cambio en la estructura molecular causa diferencias significativas que influyen la solubilidad relativa de la molécula y afecta la absorción y metabolismo de las plantas. Cuando el ácido fosforoso (H_3PO_3) es neutralizado con una base, como por ejemplo hidróxido potásico (KOH), se forma una sal.¹¹⁹

La sal del ácido fosforoso es un fosfito, por ejemplo:

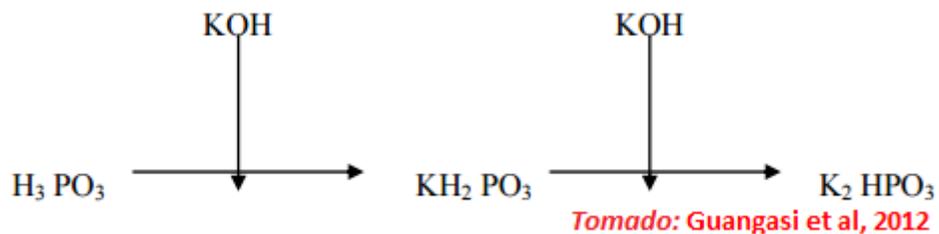


Figura 6. Ácido fosforoso y fosfito.

Deficiencias de Fósforo en las Plantas

La carencia de fósforo conduce a un desarrollo débil del vegetal, tanto de su parte aérea como del sistema radicular. Las hojas se hacen más delgadas, erectas, con nerviaciones menos pronunciadas y presentan un color azul verdoso oscuro, pudiendo incluso llegar a caer de forma prematura.¹²⁰

¹¹⁸ Marveggio, 2012, OP CIT.

¹¹⁹ IBID.

¹²⁰ García-Serrano et al, 2010, OP CIT.

El primer síntoma de falta de P es una planta atrofiada. Las hojas pueden deformarse. Con deficiencia severa, se pueden producir áreas necróticas en las hojas, frutos y tallos. Las hojas más viejas quedan afectadas antes que las jóvenes. A menudo se observa un color rojizo en las plantas de maíz deficientes en P. Esto también ocurre en otros cultivos, especialmente cuando las temperaturas del medio ambiente son bajas. Los síntomas visibles, aparte de la atrofia en crecimiento y bajos rendimientos, son en general menos claros que los síntomas de deficiencia producidos por el N y el K.¹²¹

6.3 POTASIO

Generalidades

Para García-Serrano et al¹²², El Potasio en la planta es muy móvil y es un factor de calidad en las plantas por sus múltiples funciones dentro de ella:

- Mejora la actividad fotosintética
- Aumenta la resistencia de la planta a la sequía, heladas y enfermedades
- Promueve la síntesis de lignina, favoreciendo la rigidez y estructura de las plantas
- Favorece la formación de glúcidos en las hojas a la vez que participa en la formación de proteínas
- Aumenta el tamaño y peso en los granos de cereales y en los tubérculos.

La carencia de potasio provoca un retraso general en el crecimiento y un aumento de la vulnerabilidad de la planta a los posibles ataques de parásitos, haciéndose notar en los órganos de reserva: semillas, frutos, tubérculos. Si la deficiencia es acusada aparecen manchas cloróticas en las hojas que, además, se curvan hacia arriba.¹²³

Potasio en el suelo

La litosfera contiene en promedio 1,9% de este elemento, mientras que en el suelo la concentración de K es de (1,2%); es inferior a la de la litosfera debido a la meteorización, en este sentido, los suelos jóvenes y poco meteorizados, tienen altos niveles de K⁺. Los suelos orgánicos son pobres en su contenido (menor de 0,03%), dado su bajo nivel de minerales¹²⁴

¹²¹ Potash & Phosphate Institute, 1988, OP CIT.

¹²² García-Serrano et al, 2010, OP CIT.

¹²³ IBID.

¹²⁴ SADEGHIAN, S. (2012). Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera co-lombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo (Doctoral dissertation, Tesis en opción al grado científico de Doctorado en Ciencias Agropecuarias-Área Agraria, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia).

La mayor parte de K de la corteza terrestre se encuentra unido a minerales primarios o está presente en las arcillas secundarias que conforman ampliamente la fracción arcillosa. Los suelos arenosos muy meteorizados contrastan marcadamente con los suelos jóvenes derivados de materiales volcánicos, en los que los contenidos de arcilla y de K son generalmente altos.¹²⁵

Los minerales que generalmente se consideran como fuentes originales de K en su orden de disponibilidad son biotita>muscovita>feldespatos potásicos. Estos presentan la siguiente composición: biotita: $K(Mg, Fe)_3AlSi_3O_{10}$, feldespatos potásicos: KSi_3AlO_8 y la muscovita $(SiO_4)_3H_2Al_3K$. Otras formas minerales son silvina: $KCl.NaCl$ y carnalita: $KCl.Cl_2Mg.6H_2O$; también puede estar presente en ilitas, vermiculitas, cloritas, entre otros minerales¹²⁶

En el suelo, el K se establecen la siguiente clasificación basada en su disponibilidad:

- I. Mineral no asimilable: por estar conformado en la estructura del suelo en concentraciones de 5000–25000 mg kg⁻¹
- II. Lentamente asimilable: 40–600 mg kg⁻¹
- III. Rápidamente asimilable. En solución 1–10 mg kg⁻¹

Otras dos formas en orden de disponibilidad son el K no-intercambiable que reside en las intercapas de las arcillas tipo 2:1, y la forma mineral.

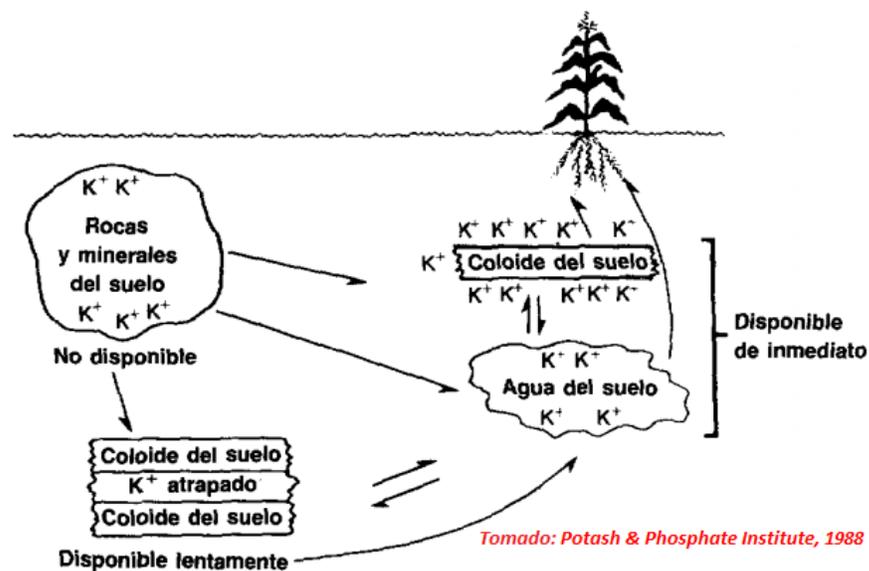


Figura 7: Formas del Potasio en el suelo.

¹²⁵ Mengel y Kirkby, 2000 citados por Sadeghian, 2012. IBID.

¹²⁶ Navarro y Navarro, 2003 citados por Sadeghian, 2012. IBID.

El K^{+1} también puede estar fijado en el suelo. Este proceso ocurre predominantemente en las arcillas 2:1 y en grandes cantidades en illita, limitando su disponibilidad para las plantas. La fijación consiste en una fuerte retención del ión K^{+1} en las capas laminares de estas arcillas. El K^{+1} de la solución del suelo, el liberado de los minerales o proveniente de la fracción intercambiable, es atrapado firmemente por fuerzas electrostáticas entre las láminas de las arcillas debido a que es suficientemente pequeño. Sólo el NH^{+4} , por tener un radio iónico similar, puede competir con el K^{+1} por estos sitios de retención. Entre los factores que determinan la disponibilidad de K^{+1} se encuentran: cantidad y tipo del mineral arcilloso, CIC, contenido de K^{+1} intercambiable, capacidad del suelo para fijar el K^{+1} , la humedad, la temperatura, la aireación y el pH del suelo.¹²⁷

Potasio en las plantas

La absorción de potasio por las raíces ocurre en forma iónica K^{+1} . El K^{+1} es considerado el catión más importante en la fisiología de las plantas, no solo por su contenido en los tejidos vegetales, sino por las funciones que desempeña. Su velocidad de absorción es alta, como consecuencia de la permeabilidad selectiva de las membranas vegetales; hecho que propicia la difusión facilitada (tanto de ingreso como de salida) de este nutriente para diversos procesos fisiológicos, entre los cuales se pueden citar: crecimiento meristemático, estado hídrico, fotosíntesis y transporte a larga distancia.¹²⁸

El K^{+1} , a diferencia de otros nutrientes no hace parte constitutiva de los principios esenciales (prótidos, lípidos y glúcidos), sino que tiende a permanecer en forma iónica. Debido a la gran movilidad que lo caracteriza actúa básicamente neutralizando ácidos orgánicos que resultan del metabolismo, y así asegurar la constancia de la concentración de H^{+1} en los jugos celulares.¹²⁹

Aspectos fisiológicos importantes en las plantas¹³⁰

- I. El K es esencial en la translocación de azúcares y la formación de almidón.
- II. El K ayuda a la planta a hacer un uso más eficiente del agua, promoviendo la turgencia (rigidez producida por un suministro adecuado de agua en las células de las hojas) para mantener la presión interna de la planta. Las células oclusivas de los estomas lo requieren para su apertura y cierre, proceso importante en la eficiencia hídrica.
- III. El K estimula el crecimiento radical y mejora la resistencia de los cultivos a enfermedades; además, favorece la formación de vasos xilemáticos más

¹²⁷ Sadeghian, 2012, OP CIT.

¹²⁸ IBID.

¹²⁹ IBID.

¹³⁰ Soil Improvement Committee California Plant Health Association, 2004 citado por Sadeghian, 2012, IBID.

grandes y distribuidos de una manera más uniforme en todo el sistema radical y mejora la calidad de las cosechas.

- IV. El K es importante en la formación de frutos, en la translocación de metales pesados tales como el Fe y en el balance iónico, activa enzimas y controla su velocidad de reacción. El K mejora la calidad del cultivo.

Deficiencias de Potasio en las plantas

Ante situaciones de deficiencia, el K^{+1} se moviliza rápidamente desde los tejidos más maduros hacia los más nuevos con el fin de suplir los requerimientos nutricionales, y es por ello que los síntomas se manifiestan primero en las hojas viejas.¹³¹

- ✓ crecimiento lento
- ✓ clorosis/necrosis en márgenes y ápices foliares, a partir de las hojas más viejas
- ✓ tallos débiles
- ✓ frutos pequeños o semillas arrugadas.

6.4 CALCIO

Generalidades

El Calcio (Ca) es un nutriente que forma parte estructural de las células, la cual, es indispensable su presencia para la formación de nuevas células, pues hace parte del componente de las paredes y membranas celulares. El Ca tiene la facultad de contrarrestar los efectos tóxicos del ácido oxálico al formar oxalato de calcio en las vacuolas.¹³²

El contenido de iones totales de Ca en la solución del suelo varía entre un 60-80% y este se encuentra como Ca^{+2} y, aunque las raíces aprovechan menos del 3% del calcio disponible, esta cantidad es suficiente para satisfacer las demandas que, por ejemplo, tienen los frutales.¹³³

El Calcio en el Suelo

El calcio (Ca) es el quinto elemento más abundante en la corteza terrestre (3,6%). Este procede principalmente de las rocas y los minerales que conforman el suelo; por lo tanto,

¹³¹ IBID.

¹³² IBID.

¹³³ MONGE, E., VAL, J., SANZ, M., BLANCO, A., & MONTAÑES, L. (1994). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. INSTITUCIÓN «FERNANDO ELCATÓLICO», Pag 189.

El contenido de Ca^{+2} depende del material parental, el grado de meteorización y la aplicación de enmiendas; en este orden de ideas, las rocas fuentes de Calcio como el feldespato anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_3$), los piroxenos y anfíboles son también comunes en los suelos. Cantidades pequeñas de Ca^{+2} pueden provenir de biotita, apatita y de ciertos borosilicatos.¹³⁴

Los suelos del orden Aridisoles, Alfisoles y Oxisoles, contienen un 5%, 1% y 0,6% de Ca, respectivamente; Además, en suelos considerados no alcalinos solo representa entre 0,1 y 0,2% de Ca, mientras que en los alcalinos alcanza el 25% de Ca. En compuestos minerales, los carbonatos son de mayor representatividad; entre estos se encuentran: calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). En un segundo lugar se puede mencionar a los fosfatos: fluorapatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, hidroxiapatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, y carbonatoapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{CO}_3$). Adicionalmente, se puede referir a sulfato de calcio (CaSO_4) y silicatos aluminicos diversos: feldespatos y anfíboles. Finalmente, el Ca^{+2} se encuentra haciendo parte de la materia orgánica o en combinación con los ácidos húmicos y fosfóricos en los humatos y fosfolípidos cálcicos.¹³⁵

Entre los factores del suelo que en mayor grado determinan la disponibilidad de Ca^{+2} se encuentran: Ca total suplementado, pH, CIC, porcentaje de saturación de Ca^{+2} en respecto con CIC, tipo de coloide del suelo y la relación de Ca^{+2} frente a otros cationes en la solución.¹³⁶

En los suelos ácidos el Ca^{+2} no es rápidamente disponible para las plantas a bajas saturaciones, pues conforme decrece el porcentaje de Ca^{+2} en proporción a la CIC total, también decrece la cantidad de Ca^{+2} absorbido por las plantas. El argumento propuesto también se aplica al tipo de mineral, pues los suelos con predominancia de arcillas tipo 2:1 requieren una mayor saturación de Ca^{+2} que aquellos con arcillas tipo 1:1. Específicamente la montmorillonita requiere un porcentaje de saturación mayor del 70% de Ca^{+2} para un adecuado suministro, mientras que la Caolinita presenta suficiente disponibilidad a 40–50% de saturación de Ca^{+2} .¹³⁷

El Calcio en las Plantas

Principales Funciones¹³⁸

- Regulación de la hidratación, la osmoregulación y el balance de catión–anión, (antagonistas K y Mg)
- Activador de enzimas (Amilasa, ATPasa)

¹³⁴ Sadeghian, 2012, OP CIT.

¹³⁵ IBID.

¹³⁶ IBID.

¹³⁷ IBID.

¹³⁸ Larcher, 2003 citado por Sadeghian, 2012, IBID

- Regulación de la elongación y crecimiento.

En los tejidos vegetales el Ca puede encontrarse en forma libre (Ca^{+2}) o adsorbido a iones no difusibles como grupos carboxílicos, fosfóricos e hidroxifenólicos; así mismo puede ocurrir en forma de oxalatos, carbonatos y fosfatos de Ca; compuestos que se encuentran con frecuencia en las vacuolas.¹³⁹

El Ca se caracteriza por una muy baja habilidad de transporte dentro de la planta y tiende a acumularse en los órganos más viejos, pues una vez que se deposita en los tejidos vegetales será muy difícil removerlo.¹⁴⁰ Es por ello que son los tejidos jóvenes, los primeros en ser afectados cuando existen deficiencias de este nutriente, pues son de mayor actividad metabólica (hojas en crecimiento, flores, frutos y meristemas apicales) siendo los tejidos que necesitan un mayor aporte de Ca; por lo tanto la deficiencia de este macronutriente afecta en primer lugar a las partes en formación y meristemas en crecimiento, donde queda fijado y prácticamente inmóvil en sus paredes celulares. Debido a esta inmovilidad, las hojas viejas pueden tener concentraciones normales de calcio, mientras que las hojas jóvenes, frutos u otros órganos, pueden presentar niveles por debajo de la normalidad.¹⁴¹

La movilidad del calcio es mucho mayor en la compartimentación extracelular de la planta, constituida por el apoplasto (conjunto de las paredes celulares, incluidas las células del xilema) que en la compartimentación intracelular, el simplasto (comunidad de protoplastos vivos, incluidos los tubos del floema)¹⁴². Todo empieza con la absorción de Ca^{+2} , en contraposición a otros nutrientes como el K^{+1} y fósforo ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$, HPO_4^{-2}) está restringida a la zona colindante con el ápice de la raíz, diferencia en el comportamiento que ha sido explicada por el desarrollo de la banda de Caspary; pues el envejecimiento de este órgano conlleva a una suberización de la endodermis, la cual impide el movimiento radical del Ca.¹⁴³

El transporte de calcio a las hojas parece estar más relacionado con la tasa de crecimiento de las raíces que con la de los brotes, por otra parte, el calcio tiende a reducir la permeabilidad de las raíces jóvenes, lo que provoca la expansión de éstas y también la de sus pelillos radiculares, lo que potencia una mayor y más eficaz exploración del suelo.¹⁴⁴ En este sentido, la translocación de Ca^{+2} desde la corteza al tallo se limita a la ruta apoplástica o del espacio libre, vía que solamente es accesible en las raíces jóvenes no suberizadas. Lo anterior, además de indicar que la absorción de Ca^{+2} se da de manera pasiva, apoya el hecho que su ascenso en la savia del xilema ocurre con la corriente transpiratoria; fenómeno que tiene

¹³⁹ IBID.

¹⁴⁰ IBID.

¹⁴¹ Monge et al, 1994, OP CIT.

¹⁴² IBID.

¹⁴³ Sadeghian, 2012, OP CIT.

¹⁴⁴ Monge et al, 1994, OP CIT

lugar básicamente durante el día, y es por ello que la absorción de Ca^{+2} se detiene en la noche.¹⁴⁵

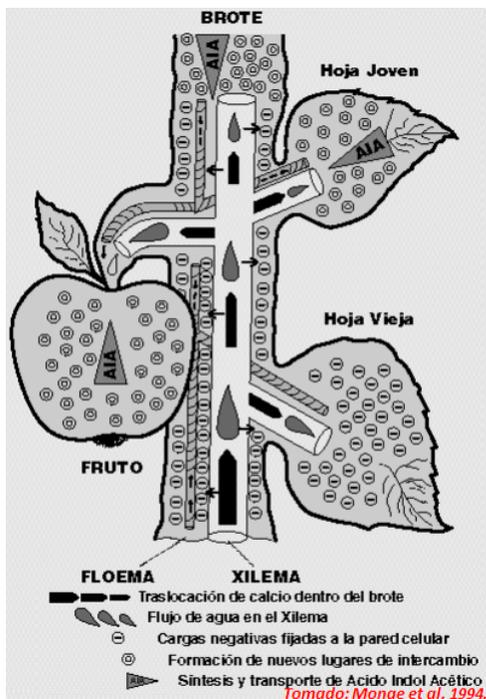


Figura 8: Representación esquemática del transporte y almacenamiento del calcio en este caso en órganos más jóvenes

Deficiencias de Calcio en las plantas

La carencia de Ca^{+2} reduce la tasa de crecimiento en las plantas, especialmente en los tejidos meristemáticos, tanto de raíces como parte aérea, dado que el Ca es requerido para la elongación y la división celular. Los síntomas de su deficiencia comienzan a manifestarse en las hojas jóvenes, las cuales se deforman y se vuelven cloróticas; En conclusión, los síntomas más comunes son decoloración del verde anormal en el follaje iniciando en las zonas más prematuras, caída prematura de flores y frutos, tallos debilitados, “quemadura apical” de las hojas jóvenes (en especies como el apio y lechuga), y zonas acuosas y sin color en frutos (común en el tomate, pimentón, melón, manzanas y peras).¹⁴⁶

¹⁴⁵ Sadeghian, 2012, OP CIT

¹⁴⁶ IBID.

6.5 MAGNESIO

Generalidades

El magnesio es un macronutriente esencial para el desarrollo de las plantas. Es un factor principal para una amplia acciones metabólicas en los vegetales. El magnesio es conocido por que se encuentra en el proceso de la fotosíntesis, ya que es un componente básico de la clorofila, la molécula que da a las plantas su color verde. La deficiencia de magnesio puede ser un factor importante que limita la producción de cultivos, al igual que cualquier deficiencia, conduce a una reducción en el rendimiento y también, a una alta susceptibilidad de la plantas a enfermedades.¹⁴⁷

El magnesio en el suelo

El magnesio (Mg) es el octavo elemento más común en la litosfera, con una concentración promedia cercana a 2,1%, como consecuencia de la meteorización, se pierden las $\frac{3}{4}$ partes del total debido a su alta solubilidad en el medio, lo que conlleva a una concentración en los suelos de tan solo 0,5%. Dependiendo de los diferentes grados de meteorización y materiales parentales, los contenidos de Mg^{+2} varían enormemente. En este sentido se reportan valores bajos del 0,1% para suelos de textura gruesa en regiones húmedas, y valores altos del 4% para suelos con texturas finas y zonas áridas o semiáridas formados a partir de materiales parentales ricos en Mg^{+2} .¹⁴⁸

El Mg es constituyente de numerosos minerales, mayoritariamente silicatos; siendo los más frecuentes la biotita ($Si_3O_{10}AlK(MgFe)3(OH)_2$), serpentinas ($Si_2O_9Mg_3H_4$), y olivino (SiO_4FeMg). También se encuentran formando parte de los minerales secundarios arcillosos como clorita, vermiculita y monmorillonita. En algunos suelos el Mg también está presente como magnesita ($MgCO_3$) y dolomita ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). Adicionalmente, la descomposición de la materia orgánica puede contribuir a la incorporación de este nutriente al suelo.¹⁴⁹

Las concentraciones de Mg^{+2} en el complejo de cambio varían según el material parental, tipo de arcilla, la textura, presencia de otros cationes, la acidez, la lluvia, extracción por los cultivos y los aportes vía fertilización y enclamiento.

¹⁴⁷ SMART-FERTILIZAR®, (2015). El Magnesio en el suelo y plantas. Citado el 17-Nov/2015: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/magnesium>.

¹⁴⁸ Sadeghian, 2012, OP CIT.

¹⁴⁹ IBID.

En el suelo, smart-fertilizar®, 2015¹⁵⁰ y Compo-Expert®, 2013¹⁵¹, resaltan la presencia del magnesio en tres fracciones del suelo:

- I. Magnesio en la solución del suelo: Este se encuentra en equilibrio con el magnesio intercambiable y está fácilmente disponible para las plantas.
- II. Magnesio intercambiable: Esta es la fracción más importante, es adsorbido electrostáticamente a las partículas de arcilla y materia orgánica. Está en equilibrio con magnesio en la solución del suelo. para determinar el magnesio disponible.
- III. Magnesio no intercambiable: Es aquella fracción que se encuentra en la red de cristal la cual es la base estructural directa de los silicatos y otros minerales del suelo, además, el proceso de descomposición de los minerales en el suelo es muy lento, por lo que esta fracción de magnesio no está disponible para las plantas.

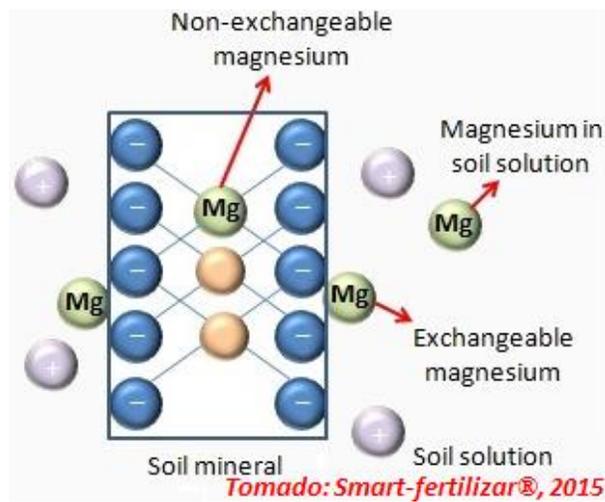


Figura 9: Representación del Mg en el suelo.

Dentro de los factores que afectan la disponibilidad y absorción, se establece que valores bajos en la escala pH del suelo, la solubilidad de magnesio disminuye y se hace menos disponible. Debido al gran radio hidratado del ion magnesio, la fuerza de su retención a los sitios de intercambio en el suelo es relativamente baja. Los suelos ácidos aumentan la tendencia de lixiviación de magnesio, debido a que tienen menos sitios intercambiables (CEC inferior); En consecuencia, en los suelos ácidos y arenosos, la solubilidad de elementos tales como el manganeso y aluminio aumenta, dando como resultado de esto, la reducción en la absorción de

¹⁵⁰ SMART-FERTILIZAR®, 2015. OP CIT.

¹⁵¹ COMPO-EXPERT®, (2013). El magnesio: nutriente esencial en la producción de frutales y cultivos. Citado el 17-Nov/2015: http://www.compo-expert.com/fileadmin/user_upload/compo_expert/cl/documents/Art%C3%ADculo_Compo_RA58_final.pdf

magnesio por la parte de la planta. Además, las bajas temperaturas en los suelos o condiciones secas y altos niveles de elementos competitivos, tales como el potasio y el calcio que reducen la disponibilidad de magnesio.¹⁵²

El magnesio en las plantas

Las plantas absorben el magnesio en su forma iónica Mg^{+2} , que es la forma de magnesio disuelto en la solución del suelo.¹⁵³ Este elemento constituye normalmente cerca del 0,5% de la biomasa total de las plantas; sin embargo, las diferentes especies vegetales pueden presentar un rango relativamente amplio en su contenido total (entre 0,07 y 9%) y la fracción del Mg total asociada a la clorofila es relativamente pequeña, pues sólo representa entre el 15 y 20%.¹⁵⁴

la absorción de magnesio por las plantas está dominada por dos procesos principales:

- I. **Absorción pasiva:** impulsada por la corriente de transpiración o flujo de masa, estimada en un 85%.
- II. **Difusión:** movimiento de iones de magnesio desde zonas de alta concentración hacia zonas de menor concentración.

Compo-Expert®, 2013¹⁵⁵ y Sadeghian, 2012¹⁵⁶, reiteran en el papel del magnesio en diversas funciones importantes en las plantas:

- Interviene en la síntesis de xantofilas y carotenos
- Activador de varias enzimas, particularmente aquellas involucradas en el metabolismo de carbohidratos y proteínas, que contribuyen a la mantención de una turgencia óptima de las células y participan en la formación de carbohidratos en la planta.
- El papel más importante del Magnesio se encuentra en el proceso de la fotosíntesis ya que es un componente básico de la clorofila, la molécula que provee a las plantas de su color verde (Fig.1).

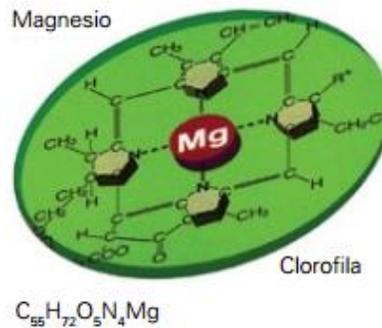
¹⁵² smart-fertilizar®, 2015, OP CIT.

¹⁵³ IBID.

¹⁵⁴ Sadeghian, 2012, OP CIT.

¹⁵⁵ Compo-Expert®, 2013. OP CIT.

¹⁵⁶ Sadeghian, 2012, OP CIT.



Tomado: Compo-Expert®, 2013

Figura 10: Representación del Mg en la clorofila, molécula más importante para las plantas.

La absorción de Mg por parte de la planta es influenciada negativamente alta por las relaciones con otros elementos, así como un bajo valor de pH de los suelos y en la capacidad del suelo para reponer la solución del suelo con magnesio.^{157 158}

Aunque el suelo pueda tener un alto contenido de Mg, puede aparecer una deficiencia de Magnesio latente o aguda para las plantas. El Mg es muy móvil en la planta e importante para diferentes procesos del metabolismo de la planta; por ello, es la base estructural de la molécula de clorofila y por ello esencial en el proceso de la fotosíntesis y la fijación de CO₂ como coenzima.¹⁵⁹

El magnesio es esencial en todos los procesos de fosforilación de la planta, promoviendo la transferencia, conversión y acumulación de la energía. Esto es, en la fotosíntesis, síntesis de carbohidratos, proteínas y ruptura de los carbohidratos en ácido pirúvico (respiración); así mismo, el efecto activador sobre diversas enzimas, como Glutamina Sintetasa, esencial en la unión del Amonio con carbohidratos, en la formación de aminoácidos como la Glutamina. Además, existen estudios que nos indican que plantas con deficiencia de Magnesio muestran una pronunciada inhibición del crecimiento de la raíz.¹⁶⁰

La acumulación de carbohidratos en las hojas completamente expandidas es un fenómeno común en las plantas deficientes en Magnesio, como también elevadas cantidades de almidón y azúcares reductores. Esto nos demuestra claramente una severa inhibición de la exportación de azúcares por el floema de las hojas deficientes en Magnesio. Por lo cual, el mecanismo por el cual la deficiencia de Mg afecta el transporte de azúcares por el floema no es del todo conocido, pero aparentemente se relaciona con las bajas concentraciones de complejo Mg-ATP

¹⁵⁷ Compo-Expert®, 2013. OP CIT.

¹⁵⁸ Smart-fertilizar®, 2015 OP CIT.

¹⁵⁹ Compo-Expert®, 2013. OP CIT.

¹⁶⁰ IBID.

en los sitios donde la sacarosa, por ejemplo, se carga en el floema. Se sabe que se requiere Mg-ATP para la óptima función de la H⁺-ATPasa, una enzima que provee energía para los procesos de carga del floema y mantiene el transporte de los azúcares entre las células del floema.¹⁶¹

La alta acumulación de carbohidratos, junto con la inhibición de la exportación de azúcares de las hojas deficientes en Magnesio, nos muestra la importancia de mantener una adecuada nutrición con Mg durante los períodos de intenso transporte de carbohidratos de las hojas a las células en crecimiento en otros sitios de la planta, especialmente a la raíz, que es donde se reduce el NH⁴⁺ y se transforma en aminoácidos y por ende, crecimiento radical. El efecto negativo en el crecimiento de la raíz debido a una deficiencia de Mg, también puede tener serio impacto en la absorción de nutrientes y agua, especialmente en suelos marginales.¹⁶²

Deficiencias de Magnesio en las plantas

Dado que el magnesio es móvil dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas inferiores y mayores. El primer síntoma es hojas pálidas, que luego desarrollan una clorosis intervenal. En algunas plantas aparecerán manchas rojizas o púrpuras en las hojas. La expresión de los síntomas depende en gran medida de la intensidad a la que las hojas se exponen a la luz. Las plantas con deficiencias que están expuestas a altas intensidades de luz mostrarán síntomas aún mayores.¹⁶³

El amarillamiento en forma de clorosis intervenal de las hojas viejas de la planta, ya que se sabe que hasta el 35% del Mg total de la planta está ligado a los cloroplastos, orgánulo que aloja los tilacoides, compartimientos que contienen Mg y clorofila, donde la energía de la luz se transforma en energía química a través del proceso de la fotosíntesis. Esta amarillez de las hojas, comienza del borde de la lámina y avanza progresivamente hacia el interior entre las nervaduras, rodeando la vena central y a veces las primarias. Mantiene sectores verdes bien delimitados, los cuales se ensanchan generalmente hacia su base. La zona afectada puede tornarse albina y a menudo va acompañada de manchas necrosadas en el margen o en el interior. Los síntomas descritos se presentan con mayor intensidad y a veces exclusivamente en hojas adultas o basales, ya que como el Mg es móvil, la planta lo moviliza hacia el tejido nuevo.¹⁶⁴

¹⁶¹ IBID.

¹⁶² IBID.

¹⁶³ Smart-fertilizar®, 2015 OP CIT.

¹⁶⁴ Compo-Expert®, 2013. OP CIT.

6.6 AZUFRE

Generalidades

El azufre es esencial en la formación de proteínas en las plantas, ya que forma parte de algunos aminoácidos. El S desarrolla varias enzimas y distintas vitaminas.¹⁶⁵

¹⁶⁶El azufre tiene diversas funciones en las plantas. Algunas funciones principales son:

- Se encuentra en algunos aminoácidos, en los bloques de construcción de las proteínas. La mayor parte del azufre absorbido por las plantas, aproximadamente el 90%, se utiliza para ese propósito.
- El azufre es esencial para la formación de la clorofila. Es un constituyente principal de una de las enzimas necesarias para la formación de la molécula de clorofila.
- Es esencial en la síntesis de los aceites en las plantas, especialmente en cultivos de aceite.
- Es activo en el metabolismo de nitrógeno.

Las oleaginosas, leguminosas, forrajes y algunas hortalizas requieren azufre en cantidades considerables. En muchos cultivos su cantidad en la planta es similar a la del fósforo.¹⁶⁷

El azufre en el suelo

El azufre en los suelos inorgánicos se presenta en forma de sulfato. Cantidades importantes de S se encuentran fijadas en la materia orgánica del suelo. De hecho, la materia orgánica constituye la fuente principal de S para la mayoría de los suelos. Por lo tanto, el contenido de materia orgánica y su proporción de descomposición influyen en la cantidad disponible de S para las plantas.¹⁶⁸

El ión sulfato tiene carga negativa. De modo que éste no es atraído por las arcillas o la materia orgánica del suelo, con excepción de ciertas condiciones. Permanece en la solución del suelo y se mueve con el agua del suelo. De modo que es fácilmente lixiviable. Es debido a ello que la capa superficial de los suelos es a menudo pobre en S. El S aumenta con la profundidad. En algunos suelos de regiones áridas, la mayor parte de los sulfatos se presenta como yeso, a menudo

¹⁶⁵ Potash & Phosphate Institute, 1988. OP CIT.

¹⁶⁶ SMART-FERTILIZAR®, (2016). El azufre en plantas y suelo. Citado el 16-Dic/2015: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/azufre>.

¹⁶⁷ IBID.

¹⁶⁸ Potash & Phosphate Institute, 1988. OP CIT.

asociado con cal libre. El agua de riego de esas zonas puede también contener muchos sulfatos.¹⁶⁹

El S del suelo se recupera principalmente debido a los gases de dióxido de S (SO_2) de la atmósfera que son precipitados por la lluvia, y por los fertilizantes e insecticidas que contienen S. La cantidad de S añadido por la atmósfera varía de acuerdo al medio ambiente local. Las zonas cercanas a los centros urbanos y a la industria contienen las concentraciones de SO_2 más altas en su atmósfera.¹⁷⁰

Existen dos factores que han reducido los gases de azufre en años recientes:

1. El reemplazo del carbón por el gas natural y productos del petróleo.
2. Reglamentación de la contaminación ambiental.

Debido a que las lluvias, junto con los fertilizantes, han sido una fuente confiable de S, las deficiencias de este elemento han sido raras. Las deficiencias se están haciendo comunes en áreas que nunca antes las mostraron, debido a que la atmósfera está siendo limpiada de gases tales como el SO_2 y que los fertilizantes de alto grado están esencialmente exentos de S. En la elaboración actual de fertilizantes se utilizan agentes que no contienen azufre. Por ejemplo: El superfosfato normal (0-20-0), la fuente más importante de P en el pasado, contiene 11,9% de S. Por cada 10 kg de P_2O_5 agregado, cerca de 6 kg de S serán añadidos "incidentalmente". El superfosfato triple (0-46-0) contiene 1,4% de S. Por cada 10 kg de P_2O_5 aplicado como triple, solamente 0,3 kg de S llegan al suelo. En los últimos años, los rendimientos de cosechas han aumentado en forma dramática y los cultivos de hilera se han hecho más intensos. Esto ha aumentado la demanda de S. El cultivo intenso tiende a reducir los niveles de materia orgánica. Esto disminuye la capacidad del suelo de suministrar S.¹⁷¹

El azufre en las plantas

El azufre es componente de aminoácidos azufrados como la cisteína y la metionina. Forma parte de vitaminas, proteínas, coenzimas y glicósidos. Participa en las reacciones de óxido-reducción formando parte de la ferredoxina.¹⁷²

El S promueve la formación de nódulos (para la fijación del N) en las leguminosas y ayuda en la producción de semillas. El S es necesario en la formación de clorofila, si bien no es un constituyente de ésta.¹⁷³

¹⁶⁹ IBID

¹⁷⁰ IBID.

¹⁷¹ IBID.

¹⁷² García-Serrano et al, 2010, OP CIT.

¹⁷³ Potash & Phosphate Institute, 1988. OP CIT.

Como regla general el S se encuentra bien distribuido en todos los tejidos de las plantas. A diferencia del Ca y del Mg, que son absorbidos por la planta como cationes, el S es absorbido como anión (SO_2). También puede entrar en la planta por las hojas a través del aire como dióxido de azufre.¹⁷⁴

Deficiencias de azufre en las plantas

El azufre es inmóvil en las plantas y no es fácilmente translocado de las hojas más maduras a las hojas jóvenes. Por lo tanto, la deficiencia de azufre aparece primero en las hojas más jóvenes. Los síntomas de deficiencia de azufre aparecen como clorosis en hojas jóvenes (color verde pálido a amarillo). Las plantas deficientes son más pequeñas y su crecimiento es lento.¹⁷⁵

En las plantas deficientes en S por lo general se acumulan los hidratos de carbono y los nitratos. Las hojas tienden a arrugarse a medida que la deficiencia progresa. Las hojas mueren sólo en casos extremos, sin embargo las plantas pueden morir en el estado de plántula. Los tallos de las plantas crecen delgados y leñosos. Las deficiencias de azufre se presentan en forma más común en suelos arenosos, bajos en materia orgánica y en áreas de moderada a alta pluviosidad. Las plantas pueden presentar el color verde pálido de falta de S en una gran variedad de suelos a principios de la estación, especialmente si el clima ha sido frío y húmedo.¹⁷⁶

El azufre en las Liliáceas

En un estudio sobre el uso de fertilizantes en cebolla, encontraron que con la aplicación de 1.000 kg de azufre en polvo un mes antes del trasplante se obtenían los mayores rendimientos, aunque no hubo diferencias significativas. Resultados similares se observó un incremento en los rendimientos de la cebolla con la aplicación de 600 kg.ha⁻¹ de yeso y quien a su vez observó que incrementos en dosis de azufre aplicadas aumentaron el rendimiento, el tamaño del bulbo, aceleraron la madurez, incrementaron el porcentaje de S en el tejido foliar y el contenido de S volátil (picantes) del bulbo.¹⁷⁷

Paterson et al., 1979 citados por Peña et al., 1999¹⁷⁸ encontraron que con la aplicación de 17 kg de azufre por hectárea resultaba en un incremento significativo en el rendimiento de bulbos de cebolla.

¹⁷⁴ IBID.

¹⁷⁵ SMART-FERTILIZAR®, 2016, OP CIT.

¹⁷⁶ Potash & Phosphate Institute, 1988. OP CIT.

¹⁷⁷ PEÑA, C., AÑEZ, B., & DÁVILA, M. (1999). Respuesta de la cebolla (*Allium cepa*) a la aplicación de azufre, magnesio, zinc y boro en un suelo alcalino. Rev. Forest. Venez, 43(2), 173-182.

¹⁷⁸ Paterson et al., 1979 citados por Peña et al., 1999. IBID.

7. PLAN DE FERTILIZACIÓN

El Suelo, sustrato básico que sostiene toda la vida terrestre del planeta, conformado por una mezcla muy compleja de interacciones dinámicas entre los seres más diminutos junto los más grandes. Es el resultado de una toda una sumatoria de cientos y miles de millones de años y actualmente se encuentra en uso y disposición del hombre. Sin embargo, en la actualidad muchas regiones agrícolas el hombre ha inducido la erosión o la degradación de los suelos debido al mal uso del recurso, como por ejemplo, la salinización y/o sodificación de los suelos, compactación por sobrepastoreo o por el uso inadecuado de la maquinaria agrícola, lo que todo conjunto termina causando desajustes en el sistema agua-suelo.¹⁷⁹

El medio adecuado para el crecimiento de las plantas, el suelo debe almacenar y suministrar agua y nutrientes y estar libre de concentraciones excesivas de productos o elementos tóxicos. El complejo sistema agua – suelo – planta, trabaja de manera armónica debido a la acción individual de cada ser vivo que vive dentro de los tres sistemas. Así, el suelo debe tener la capacidad de airearse por sí mismo mediante un continuo intercambio de oxígeno y dióxido de carbono a través de los poros.¹⁸⁰

El sistema DRIS (Diagnosis and recommendation integrated system), fue propuesto originalmente por Beaufils, a partir de trabajos sobre fisiología y nutrición vegetal, primero con el cultivo del caucho en Vietnam y posteriormente con maíz y caña de azúcar en Sur África. Esta metodología, busca reproducir las condiciones de campo en una computadora, es decir, de forma similar a lo que podría hacerse en un laboratorio, de manera tal que se facilite el estudio de la influencia de un gran número de factores condicionantes del rendimiento bajo un conjunto de circunstancias deseadas preseleccionadas.¹⁸¹

En el DRIS, la vía propuesta para desarrollar las normas de diagnóstico (valores óptimos normales), consiste en la determinación de la composición foliar de las plantas o el contenido en el suelo con los más altos rendimientos de un cultivo, para ser utilizadas como las normas de diagnóstico. A su vez, los rangos normales de desviación de ese promedio, se determinan utilizando los valores de la desviación estándar de los datos de la población de la cual son desarrolladas las normas. La desviación de los valores normales o normas de diagnóstico, está

¹⁷⁹ MONTENEGRO, G. HUGO. 2003. Propiedades física de los suelos en relación con la fertilidad. Pág 3; Manejo Integral de la fertilidad del suelo. 1era Edición, 230 Pág; Publicación de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo (SCCS); Bogotá, D.C., Colombia

¹⁸⁰ IBID.

¹⁸¹ RODRÍGUEZ, O., & RODRÍGUEZ, V. (2000). Documento: Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Una revisión. Revista de la Facultad de Agronomía, 17(6).

comprendida en el rango de valores de la media o norma de diagnóstico, más o menos una vez el valor de la desviación estándar.¹⁸²

Esas relaciones de balance son definidas a través del cálculo de los denominados índices de los nutrientes (IN-DRIS), para cada elemento en particular. El índice del nutriente, es el valor promedio de todas las comparaciones de los nutrientes y de sus interacciones contra los valores normales o normas de los nutrientes. Los IN-DRIS serán negativos, positivos o cero de acuerdo a la magnitud de las desviaciones del óptimo balance, de esta manera, pueden ser interpretadas fácilmente las relaciones de balance entre todos los nutrientes.¹⁸³

Las normas son establecidas a partir de la media de la concentración de los nutrientes, expresados sobre la materia seca o en el reporte de suelos (N/M.S., P/M.S., K/M.S., Ca/ suelo., etc.), así como las relaciones en forma de cociente entre los pares de cada elemento (N/K, P/K, K/Mg, etc.). Esta forma de expresión fue propuesta por Beaufils, con base a la observación de las tendencias al cambio de concentración de los nutrientes durante el proceso de envejecimiento. El autor, propuso la expresión de las normas de diagnóstico con base a cocientes.¹⁸⁴

8. FERTILIZANTES

Los fertilizantes son materiales que contienen nutrientes para las plantas y que son agregados generalmente a través del suelo, el agua o aspersiones foliares. Los fertilizantes ejercen diversos efectos favorables sobre las plantas, como incrementar el crecimiento y productividad de los cultivos, mejorar la calidad de la cosecha y la sanidad de la planta. También tienen un efecto positivo sobre el suelo mediante el mejoramiento y restitución de la fertilidad. Los fertilizantes se encuentran entre los principales insumos utilizados en la agricultura debido al impacto que tienen sobre la producción.¹⁸⁵

Fertilizante: Cualquier material orgánico o inorgánico natural o sintético que suministre a las plantas uno o más de los elementos químicos necesarios para su normal crecimiento.¹⁸⁶

¹⁸² IBID.

¹⁸³ IBID.

¹⁸⁴ IBID.

¹⁸⁵ MELÉNDEZ, G. & MOLINA E. 2001. Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica. Memoria. Universidad de Costa Rica, centro de investigaciones agronómicas, Laboratorio de suelos y foliares. Agosto

¹⁸⁶ MELÉNDEZ, G., MOLINA E., 2003. Fertilizantes: características y manejo. En: Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica CIA, CATIE, (Ed.), Fertilizante: Conceptos básicos y definiciones, San José, C.R., pp. 20 - 64

Aprovechamiento del fertilizante: Fertilizante comercial que contiene al menos uno de los nutrimentos primarios en forma asimilable y en proporción conocida, con diferente grado de solubilidad en agua. Sin embargo, algunos fertilizantes tienen solubilidad limitada en agua y una parte del mismo es soluble en otros reactivos como citrato de amonio. Los fertilizantes con N y K generalmente son muy solubles en agua. Los fertilizantes con P varían mucho en su grado de solubilidad en agua, se utiliza también la solubilidad de P₂O₅ en soluciones neutras o alcalinas de ácido cítrico.¹⁸⁷

Expresión del contenido nutricional: En la mayoría de los países se expresa el contenido de nutrientes primarios en términos de % de N, P₂O₅ y K₂O, aunque la forma química de estos elementos que contiene el fertilizante debe ser la misma como las plantas los absorben (Cuadro 1). El Ca y Mg usualmente se expresan como CaO y MgO, en tanto que los otros nutrientes se expresan en su forma elemental: S, Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cl.¹⁸⁸

Grado: Contenido nutricional expresado en % por peso de N, P₂O₅ y K₂O, en ese orden, también llamado “fórmula”. Usualmente se utilizan tres números para dar el grado de un fertilizante, y se refiere a los nutrientes primarios y éstos no son necesarios identificarlos ya que se respeta el orden de aparición. La presencia de un cuarto número en la fórmula indica el % de MgO, y un quinto número indica el % de B en caso que el fertilizante contenga estos elementos. Si el cuarto y/o quinto número no corresponden a Mg y B, se debe indicar entre paréntesis el símbolo o unidad de expresión del nutriente, por ejemplo podría ser Ca, S, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Cl.¹⁸⁹

Propiedades físicas y químicas de los fertilizantes

Las propiedades físicas de un fertilizante son de gran importancia porque repercuten tanto en su eficiencia agronómica como en su manejo, transporte y almacenamiento. Muchos de los problemas que se presentan durante el almacenamiento de fertilizantes, tales como compactación, segregación o higroscopicidad son el resultado de inadecuadas propiedades físicas.¹⁹⁰

Tamaño de partícula

Es muy importante en el control de la tasa de liberación del fertilizante en el suelo. Los fertilizantes con baja solubilidad en agua pueden tener un tamaño de partícula más fino para asegurar su disolución y un mejor aprovechamiento por las plantas. Ejemplos: roca fosfórica, escorias Thomas, fosfato bicálcico, cal, dolomita, etc.¹⁹¹

¹⁸⁷ IBID.

¹⁸⁸ IBID.

¹⁸⁹ IBID.

¹⁹⁰ IBID.

¹⁹¹ IBID.

La tasa de liberación es inversamente proporcional al tamaño de la partícula. Fertilizantes de alta solubilidad presentan un tamaño de partículas mayor, como los nitrogenados. Los fertilizantes fosfatados con un tamaño de partícula mayor de 5 mm, aumentan su eficiencia en suelos altamente fijadores de P, ejemplo: superfosfatos y fosfatos de amonio.¹⁹²

La granulación mejora la eficiencia y el manejo. Antes de 1950, la mayoría de los fertilizantes se producían en polvo o cristales finos, lo cual hacía muy engorroso su manejo y eran susceptibles a sufrir compactación durante su almacenamiento. El inicio de las técnicas de granulación permitió mejorar algunas de las propiedades físicas de los fertilizantes.¹⁹³ El estado físico o tamaño de partículas de los fertilizantes se puede resumir a continuación:

- I. Abonos en polvo, con grado de finura variable según el tipo de fertilizante.
- II. Abonos estándar: gránulos muy pequeños, similar en tamaño a prilados, generalmente < 1 mm
- III. Abonos granulados: fertilizantes en los que al menos el 90 % de las partículas presentan un tamaño de 1-4 mm. Esta presentación permite un manejo más cómodo, un mejor funcionamiento de las abonadoras, una dosificación más exacta y una distribución sobre el terreno más uniforme.
- IV. Abonos cristalinos: facilitan la manipulación y distribución, son muy solubles en agua, grado estándar.
- V. Abonos prilados (*prill*): mediante el sistema de pulverización en una torre de gran altura, se obtienen esferas de tamaño muy uniforme, al solidificarse las gotas durante la caída.
- VI. Abonos macrogranulados: constituidos por grandes gránulos, de 2-5 cm de diámetro e incluso mayores, de liberación progresiva de los elementos nutritivos.

Factor de Eficiencia

La eficiencia de uso de los nutrientes es un factor de importancia a nivel productivo, económico y ambiental. Se debe tener en cuenta que incrementando la eficiencia de uso de los nutrientes y, consecuentemente, la eficiencia global del sistema, se genera una mayor potencialidad en beneficios económicos y sustentables en el largo plazo de producción.¹⁹⁴

La eficiencia de uso de los nutrientes o fertilizantes describe como las plantas o los sistemas de producción utilizan los nutrientes. Estos índices pueden estudiarse teniendo en cuenta el tiempo involucrado en la evaluación: corto, mediano o largo

¹⁹² IBID.

¹⁹³ IBID.

¹⁹⁴ CIAMPITTI, I. A., & GARCÍA, F. O. (2008). Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. R. Horiz. A, 18, 22-28.

plazo. La eficiencia se puede estudiar desde los rendimientos de los cultivos, la recuperación en planta y la extracción de nutrientes por el sistema.¹⁹⁵

Optimizando la eficiencia de uso de los nutrientes

Las “Mejores Prácticas de Manejo” (“MPM”) en los cultivos involucran una correcta nutrición, que consecuentemente conlleva a la aplicación correcta de fertilizantes: dosis correcta, fuente correcta, en el momento correcto y en la ubicación correcta. Estas decisiones son críticas para alcanzar el óptimo manejo en la eficiencia de uso de los nutrientes en el sistema de producción.¹⁹⁶

Estos cuatro factores (dosis, fuente, momento y ubicación) interactúan entre ellos y con las condiciones edafo-climáticas y las otras prácticas de manejo de suelo y de cultivo. La combinación adecuada de dosis-fuente-momento-ubicación es específica para cada condición de sitio.¹⁹⁷

Dosis Correcta

Aplicaciones excesivas o en deficiencia pueden resultar en una eficiencia de uso de los nutrientes subóptima y/o en pérdidas de rendimiento o calidad del cultivo. Los análisis de suelo son la mejor herramienta disponible para determinar la capacidad del suelo de proveer nutrientes, pero para realizar recomendaciones apropiadas es muy importante una calibración con un gran set de datos y una actualización periódica.¹⁹⁸

Los nutrientes aplicados que no son absorbidos en una campaña por el cultivo, no son necesariamente perdidos del sistema, sino que pueden ser utilizados por los siguientes cultivos en la rotación. Esto ocurre especialmente con el P y el K, pero en algunas situaciones, también se han observado residualidades de N, inmovilizado en la materia orgánica y posteriormente liberado con el transcurso del tiempo. La residualidad de los nutrientes depende fuertemente de la dinámica de los mismos en el sistema suelo-planta y de las condiciones edafo-climáticas, por lo que estos factores deben ser evaluados cuidadosamente al considerar posibles efectos residuales de las aplicaciones de fertilizantes.¹⁹⁹

Fuente Correcta²⁰⁰

Con respecto a las fuentes se deben considerar algunos puntos:

- I. Conocer que existen interacciones entre los nutrientes y las fuentes. Algunos ejemplos incluyen la interacción P-Zn, N incrementa la disponibilidad de P, la complementación con abonos orgánicos, etc.

¹⁹⁵ IBID.

¹⁹⁶ IBID.

¹⁹⁷ IBID.

¹⁹⁸ IBID.

¹⁹⁹ IBID.

²⁰⁰ IBID.

- II. Conocer la compatibilidad entre las fuentes de fertilizantes. Algunas combinaciones de fuentes disminuyen la humedad crítica cuando se mezclan, limitando la uniformidad de la aplicación debido a que absorben fácilmente humedad del ambiente.
- III. Tener en cuenta las propiedades químicas y físicas de los suelos. No realizar aplicaciones de nitrato en suelos con algún grado de anegamiento, ni aplicaciones superficiales de urea en suelos con valores de pH elevados.
- IV. Tener en cuenta la disponibilidad de los nutrientes de las fuentes de fertilizantes que son utilizadas y conocer la sensibilidad de los cultivos a determinados elementos químicos. La mayoría de los nutrientes van acompañados por un ion que puede ser benéfico, neutro o detrimental para los cultivos. Por ejemplo, el cloruro (Cl^{-1}) que acompaña al potasio (K) es benéfico para el maíz, trigo y la soja, pero puede ser detrimental para el caso de tabaco y algunas frutas.
- V. Control de elementos contaminantes, no-nutritivos, en las fuentes. En algunas situaciones los fosfatos pueden presentar un enriquecimiento con metales pesados que provienen de los depósitos naturales donde se realizan la extracción. El contenido de metales pesados debe mantenerse dentro de los umbrales aceptables.

Momento Correcto

Es necesaria una gran sincronía entre la demanda del cultivo y la disponibilidad de nutrientes para mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes, especialmente para el N. Las aplicaciones divididas de N durante la estación de crecimiento, incrementan la eficiencia de uso del nitrógeno.²⁰¹

Otra aproximación para mejorar la sincronía entre la aplicación y la absorción es la utilización de productos que incrementen la eficiencia de uso de los fertilizantes. Esta clase de fertilizantes incluyen componentes orgánicos sintéticos “lentamente solubles” conteniendo N, fertilizantes solubles cubiertos o rodeados de una barrera física, que impide la liberación, y la estabilización del nutriente (inhibidores de la nitrificación, fertilizantes tratados con ureasas, etc.). Este tipo de fertilizantes son más caros que los fertilizantes comúnmente comercializados en el mercado, y han sido tradicionalmente utilizados para cultivos de alto valor económico y en sistemas intensivos de producción. Sin embargo, actualmente existen en el mercado fertilizantes que controlan la liberación de nutrientes, disponibles para cultivos extensivos como maíz, trigo y soja.²⁰²

Ubicación Correcta

La ubicación del fertilizante ha sido siempre una decisión de manejo importante, para la nutrición de los cultivos. La determinación de una correcta ubicación del fertilizante puede ser tan importante como la determinación de una dosis de

²⁰¹ IBID.

²⁰² IBID.

aplicación correcta. Por supuesto, existen muchas posibilidades de sitios de ubicación del fertilizante, pero generalmente las opciones más comunes son superficialmente o sub-superficialmente, en bandas o al voleo, antes o después del momento de siembra.²⁰³

En general, la eficiencia de recuperación de nutrientes (ER) tiende a ser elevada con aplicaciones en bandas debido a que se reduce el contacto con el suelo, y existen menores oportunidades de pérdidas de nutrientes por lixiviación o fijación a la matriz del suelo. Las decisiones de ubicación del fertilizante dependen del cultivo, las condiciones del suelo, del equipo de aplicación disponible y la disponibilidad de producto.²⁰⁴

Es importante tener en cuenta el fenómeno de la fitotoxicidad del fertilizante a la semilla. Los dos factores más importantes que inciden en el proceso de interferencia del fertilizante con la emergencia y desarrollo de las plántulas son.²⁰⁵

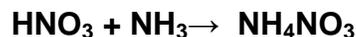
- El efecto salino que deriva en un stress hídrico debido a la competencia por el agua del suelo entre el fertilizante y la semilla. En situaciones de buena provisión hídrica este efecto tiene menor relevancia.
- En el caso de los fertilizantes amoniacales, la liberación de amoníaco (NH_3) a niveles tóxicos. Altos niveles de amonio disipan los gradientes de protones en las membranas celulares, alterando el metabolismo general de la planta.

Los factores que determinan la cantidad máxima de fertilizante a aplicar son:

- I. Dosis y tipo de fertilizantes,
- II. Tolerancia del cultivo a implantar,
- III. Humedad del suelo al momento de la siembra,
- IV. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, y
- V. Distancia entre surcos.

8.1 Nitrato de amonio 33,5% N

Es uno de los fertilizantes nitrogenados de mayor uso. Se fabrica a partir de la reacción de ácido nítrico y amoníaco:



El amoníaco y el ácido nítrico son mezclados en estado líquido en un neutralizador el cual es sobrecalentado. La reacción es exotérmica y el calor de reacción es suficiente para concentrar la solución neutralizada a 83%. De aquí la solución es

²⁰³ IBID.

²⁰⁴ IBID.

²⁰⁵ IBID.

atomizada y en su caída hasta el fondo de la torre, a través de un flujo de aire caliente, las gotas se enfrían y se solidifican.²⁰⁶

Los gránulos sólidos son recogidos del fondo de la torre, seleccionados para remover material pasado de tamaño, y luego se colocan en secadores a base de aire caliente para remover la humedad hasta menos de 0,5%. Los gránulos son nuevamente enfriados y se aparta el material grueso. Al nitrato de amonio frío y grueso se le agrega 3% de diatomita u otro agente para reducir la humedad de la atmósfera.

Propiedades químicas

Fórmula química:	NH ₄ NO ₃
Contenido de N:	33 a 34%
Solubilidad en agua (20 °C):	1900 g/L

Tomado de: (IPNI,2016)

8.2 Cloruro de potasio KCl

Es conocido también como muriato de K. Posee entre 60 y 63% de K₂O, y es el fertilizante potásico más importante pues provee cerca del 95% de los fertilizantes con este elemento. Puede variar en color desde rosado o rojizo hasta blanco, lo cual depende del tipo de proceso empleado en su extracción y fabricación, y no hay diferencias agronómicas entre ellos. La coloración rojiza se debe a la presencia de Fe.²⁰⁷

El KCl es un sólido cristalino muy soluble en agua. Se encuentra en cinco presentaciones de acuerdo con su diámetro de partículas: soluble blanco (0,1-0,4 mm), estándar especial (0,1-0,4 mm), estándar (0,2-1,2 mm), grueso o coarse (0,6-2,4 mm), y el granular (0,8-3,4 mm).²⁰⁸

El KCl blanco es agronómicamente igual que el rojo. La diferencia es que durante su procesamiento se le remueven algunas impurezas que lo tornan de color blanco, haciéndolo mucho más fácil de disolver en agua, por lo que es preferido para hacer fertilizantes líquidos y para fertirrigación. Las presentaciones estándar y granulada son utilizadas en mezclas físicas. El KCl es medianamente higroscópico, con una humedad relativa crítica de 84%. Presenta un alto índice salino de 116,3, por lo que no debe usarse en contacto con la semilla o las raíces. Es de reacción neutra en el suelo.²⁰⁹

²⁰⁶ IPNI ,INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE: consultado enero, 2016. Boletín n° 17. Fuente de Nutrientes específicos, Fosfato Diamónico: [https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/3D71CA0246B0EA8E85257BBA0059CD97/\\$FILE/NSS-ES-17.pdf](https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/3D71CA0246B0EA8E85257BBA0059CD97/$FILE/NSS-ES-17.pdf)

²⁰⁷ IBID.

²⁰⁸ IBID.

²⁰⁹ IBID.

Su uso continuo en suelos muy áridos puede causar un aumento en la concentración de sales, en tanto que en suelos arenosos o en zonas de alta precipitación, el KCl debe fraccionarse en su aplicación, ya que por ser tan soluble es muy sensible a perderse por lixiviación. No es recomendable en cultivos sensibles a los cloruros, tales como tabaco, papa, uva, pera, aguacate, entre otros.²¹⁰

Propiedades químicas

Fórmula química:	KCl
Grado del fertilizante:	0-0-60
Contenido de K ₂ O:	60 a 63%
Contenido de Cl:	45 a 47%
Solubilidad en agua (20 °C):	344 g/L
pH solución:	aprox. 7

Tomado de: (IPNI,2016)

8.3 Fertilizantes con S elemental

El azufre elemental puede ser aplicado al suelo, donde es transformado a sulfato a través de la acción de microorganismos, y bajo condiciones adecuadas de temperatura y humedad. La velocidad de la oxidación depende mucho del tamaño de la partícula, entre más fino mejor será la reacción. El S elemental ha sido usado para reducir el pH en suelos alcalinos, ya que presenta un alto índice de acidez fisiológica (>300). Su uso en suelos ácidos no es recomendable a no ser que se utilice cal para neutralizar la acidez causada.²¹¹

El S elemental presenta algunas características inadecuadas de manejo, tales como olor desagradable y el peligro de fuego y explosión. Es conocido como Flor de Azufre y su composición puede variar entre 85 y 100% de S. La eficiencia del azufre elemental puede incrementarse mediante la incorporación de arcilla en un 5 - 10%, tal como la bentonita. El recubrimiento de arcilla ayuda a absorber la humedad del suelo y permite una mayor velocidad de reacción. Los fosfatos de amonio contienen entre 5 y 20% de S elemental, en tanto que el superfosfato sencillo posee 12% de S.²¹²

Existen varias fuentes fabricadas a partir de la mezcla química de urea con S líquido, los cuales son completamente miscibles. Es un fertilizante prilado, con excelentes propiedades de almacenamiento. Las formulaciones más corrientes

²¹⁰ IBID.

²¹¹ IBID.

²¹² IBID.

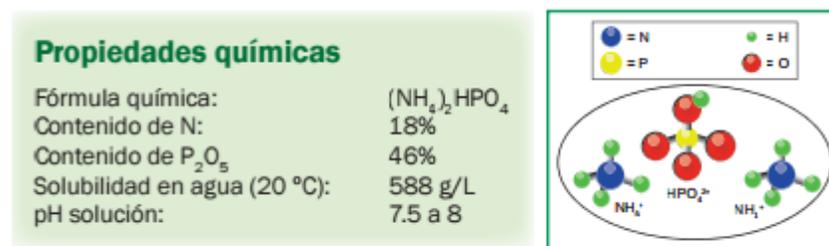
son: 40-0-0-10 (S) y 40-0-0-5 (S). Otro material que contiene S elemental es la urea recubierta con azufre, que consiste de una fuente de lenta liberación.²¹³

8.4 Fosfato Diamónico ²¹⁴

El fosfato diamónico (DAP) es el fertilizante fosfatado más utilizado en el mundo. Está hecho de dos componentes comunes de la industria de los fertilizantes y es popular debido a su contenido de nutrientes relativamente alto y sus excelentes propiedades físicas.²¹⁵

Producción: Los fertilizantes de fosfato de amonio estuvieron disponibles por primera vez en la década de 1960 y el DAP se convirtió rápidamente en el más popular dentro de esta clase de productos. Está formulado a base de una reacción controlada de ácido fosfórico con amoníaco, donde la mezcla caliente se enfría, se granula, y luego se tamiza. El DAP tiene excelentes propiedades de manejo y almacenamiento. El grado estándar del DAP es 18-46-0 y productos fertilizantes con menor contenido de nutrientes no pueden ser etiquetados como DAP.²¹⁶

La cantidad de insumos necesarios para producir una tonelada de fertilizante DAP es de aproximadamente 1.5 a 2 toneladas de roca fosfórica, 0.4 toneladas de azufre (S) para disolver la roca, y 0.2 toneladas de amoníaco. Cambios en la oferta o el precio de cualquiera de estos insumos tendrán un impacto en los precios y disponibilidad del DAP. El alto contenido de nutrientes del DAP es de gran ayuda en la reducción de los costos de manipuleo, transporte y aplicación. El DAP se produce en muchos lugares del mundo y es un producto fertilizante ampliamente comercializado.²¹⁷



Tomado de: (IPNI,2016)

El DAP es una excelente fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) para la nutrición de las plantas. Es altamente soluble y por lo tanto se disuelve rápidamente en el suelo para liberar fosfato y amonio disponible para las plantas. Una característica

²¹³ IBID.

²¹⁴ IBID.

²¹⁵ IBID.

²¹⁶ IBID.

²¹⁷ IBID.

notable del DAP es el pH alcalino que se desarrolla alrededor de los gránulos en disolución.²¹⁸

Como la disolución de gránulos del DAP libera amonio, el amoníaco volátil puede ser dañino para las plántulas y raíces de plantas cercanas. Este daño potencial es más común cuando el pH del suelo es superior a 7, una condición que comúnmente existe alrededor del gránulo del DAP en disolución. Para evitar la posibilidad de dañar las plántulas, se debe tener cuidado evitando colocar grandes cantidades del DAP concentrado cerca de la zona de germinación.²¹⁹

El amonio presente en el DAP es una excelente fuente de N que es convertido gradualmente en nitrato por las bacterias del suelo, resultando en una disminución ulterior del pH. Por lo tanto, el aumento en el pH del suelo alrededor de los gránulos del DAP es un efecto temporal. Este aumento inicial del pH alrededor del DAP puede influir en las reacciones del micro-sitio entre fosfatos y la materia orgánica del suelo.²²⁰

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en 4 facetas de estudio, nombradas a continuación:

- **Etapa 1: Zonas de estudio**
- **Etapa 2: Toma de muestras**
- **Etapa 3: Revisión e Interpretación de resultados**
- **Etapa 4: Análisis de Resultados y conclusiones**

Ubicación Impacto de Estudio

El estudio tiene como epicentro en el municipio de Choachí, Cundinamarca; exactamente en las veredas del Hato, Quiuza, Maza, La Llanada y Chatasuga. El municipio de Choachí, se encuentra ubicada en la región Oriente donde el casco urbano se sitúa sobre una altura de 1920 m.s.n.m. con temperatura promedio de 18°C (grados centígrados), humedad relativa promedio del 60%, precipitación entre 900 y 1200 mm/año, vientos hasta 10 km/h, brillo solar de 1600/año.²²¹

²¹⁸ IBID.

²¹⁹ IBID.

²²⁰ IBID.

²²¹ EOT Choachí, 2008, OP CIT.

1. ETAPA 1: ZONAS DE ESTUDIO

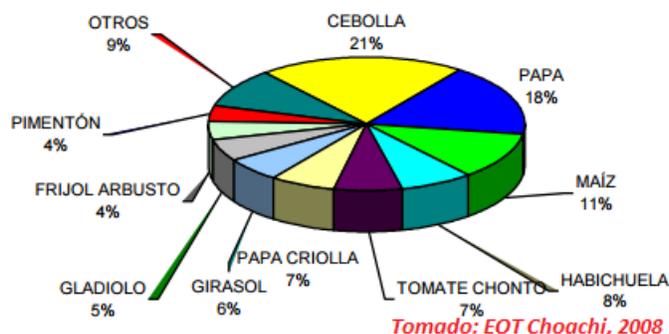
Según el Esquema de Ordenamiento Territorial de Choachí²²², la actividad agrícola tradicionalmente practicada por los Chiguanos (*gentilicio de Choachí*) registra únicamente cultivos transitorios, en las proporciones que se indican a continuación:

Tabla 9. Distribución de principales cultivos transitorios con sus respectivas áreas de siembra y rendimientos. Municipio Choachí

Cultivo	Área Has.	%	Costos/ha	Rendimiento Ton / ha
Cebolla	148	20.9	6'309.814	13.57
Papa	124	17.5	5'374.605	9.8
Maíz	80	11.3	1'142.476	1.2
Habichuela	53.3	7.5	4'067.060	12
Tomate chonto	50	7.0	11'208.867	53.5
Papa criolla	46	6.5	3'300.000	10.8
Girasol	41	5.8	2'221.000	1800 Docena
Gladiolo	38	5.3	5'995.000	6500 DOCENA
Frijol arbusto	31	4.4	2'305.350	3.1
Pimentón	29	4	3'910.520	13.9
Arveja sin tutorar	26.3	3.7	1'786.520	2.8
Cebolla roja	25	3.5	6'769814	9.5
Otros	15.4	2.1		
Total área siembra.	707			

Tomado del EOT Choachí, 2008.

Registros otorgados por la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria UMATA de Choachí, expresados en el EOT Choachí, 2008²²³; muestra el cultivo de cebolla (*Allium cepa L*) como la actividad agrícola principal del municipio con tan solo el 21 %, seguidos de la papa (*Solanum tuberosum L*), maíz (*Zea mays L*), habichuela (*Phaseolus vulgaris L.*), tomate (*Solanum lycopersicum*) con 18%, 11%, 8% y 7 % respectivamente.



Gráfica 2: Esquema de las proporciones de los diferentes cultivos según la Umata Choachí.

²²² IBID.

²²³ IBID.

De las 33 veredas expresadas en el esquema de ordenamiento territorial de Choachí²²⁴, se eligieron de un total de 5 (cinco) veredas representativas para el estudio, ya que cumplen con el historial más antiguo de siembra en cebolla bulbo a lo largo del tiempo en el municipio. Cada vereda cumple con condiciones diferentes de altura sobre el nivel del mar, temperatura, pendiente y en especial prácticas inadecuadas del recurso suelo lo que conlleva a la baja productividad de los cultivos de cebolla bulbo.

De tal manera, se escogieron de manera al azar y voluntaria 2 (dos) usuarios por vereda con acceso al recurso tierra. Sin embargo, los productores de cebolla en Choachí, tienen poca participación en los programas del gobierno o de otra entidad, debido a la desconfianza ya que fueron víctimas de antiguos desfalcos y corrupciones de antiguos funcionarios, lo que hace que las labores de estudio se compliquen por el factor social. Más aun, cada productor seleccionado, fueron beneficiado con asistencia técnica con base en buenas prácticas agrícolas.

En este orden de ideas, las veredas y usuarios seleccionados fueron los siguientes:

Tabla 10: Lugares de los 10 estudios que se realizaron en el municipio de Choachí.

N°	Vereda	Finca	Lote	Productor
1	El Hato	San Alfonso	La Enramada	Gabriel Rodríguez
2	El Hato	Los Cerezos	El Parejo	José Martínez
3	Quiuza	Los Toquines	El Alto	Domingo Mora
4	Quiuza	Quiuza	La Meseta	Carlos Díaz
5	Maza	Maza	El Plan	Orlando Amorteguí
6	Maza	Alto de los Locos	Los Manzanos	Manuel Torres
7	La Llanada	Los Curos	San Juan	Juan Amórtegui
8	La Llanada	El Placer	Alto de la Cruz	Gloria Rodríguez
9	Chatasuga	Venecia	Tres Esquinas	Nelson Sánchez
10	Chatasuga	Venecia	Venecia	Pedro Sánchez

2. ETAPA 2: TOMA DE MUESTRAS

Según los protocolos estipulados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi²²⁵, se realizaron en alrededor de 10 microcalicatas con dimensiones de 50 cm*50 cm*20 cm (Ancho * Largo * Profundo) por lote de usuario, la cual, siguiendo con las

²²⁴ IBID.

²²⁵ IGAC, 2015. Laboratorio de Suelos. ¿Cómo realizar la toma de muestras para suelos? Consulta realizada en Marzo/2015: Guía de recomendaciones para la toma de muestras para análisis del laboratorio nacional de suelos.
http://www.igac.gov.co:10040/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/tramites!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hHT3d_JydDRwN3t0BXAO_vUKMwf28PI4NQL_2CbEdFAJ67NCc!/?WCM_PORTLET=PC_7_AIGOB1A08AGF0ISG6J8NS3000_WCM&WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Web+-+Tramites+y+Servicios/Servicios/Servicios/Laboratorio+de+Suelos/

prácticas de manipulación y desinfección del protocolo para la toma de las muestras, se recogió un kilo representativo por lote.



Figura 11. Esquema de la toma de muestras en suelos colombianos IGAC, 2015.

Las muestras fueron llevadas a Laboratorios Dr Calderón®, (AK 20 No. 87-81) Bogotá, Colombia, Suramérica. Para su correspondiente análisis de suelos; Además, junto a las muestras de los lotes, se determinó la posición cartesiana, altura sobre el nivel de mar y pendiente promedio de cada uno de los lotes, con el instrumento de georeferenciación GPS Venture eTrex® GARMIN

RESULTADOS

3. ETAPA 3: REVISIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En cada zona de estudio, se recolectaron datos de la ubicación georeferencial, área, pendiente y altura sobre el nivel del mar, hallados con el GPS Venture eTrex® GARMIN; así mismo, se registraron la fecha, nombre del lote a estudiar y el nombre del productor voluntario, todos condensados en la Tabla 1A (ver anexo).

En las veredas donde se realizaron las muestras, quedan ubicados a lado y lado del río Blanco, fuente hídrica principal del municipio de Choachí, véase el mapa 1.



Mapa 1. Ubicación de las veredas en el municipio de Choachí (*Imágenes © 2015 DigitalGlobe, Datos del mapa © 2015 Google.*)²²⁶

Por el relieve del municipio y topografías de las área de estudio, los lotes presenta desnivel hacia la dirección de la cuenca del río Blanco; por consiguiente, las pendientes presentadas 21,3% y 16 % para los lotes de la vereda El Hato, 31% y 19% para los lotes de la vereda Quiuza, 14,2% y 12% para la Llanada, 22% y 19% para Chatasuga y 14% para ambos lotes de la vereda Maza. (Véase Anexo, mapas 2-6)

²²⁶ IMÁGENES DE GOOGLE MAPS. Imágenes © 2015 DigitalGlobe, Datos del mapa © 2015 Google.
<https://www.google.com.co/maps/@4.5401827,-73.9128801,6440m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?hl=es-419>

Los resultados obtenidos luego de los análisis de suelos fueron recopilados en la siguiente tabla:

Tabla 12. Características de los suelos en estudio. Resultados obtenidos según los reportes otorgados por Laboratorios Calderón®. (Ver anexos reportes análisis de suelos)

Lote	Vereda	Textura	Arenas (%)	Limos (%)	Arcillas (%)	Densidad g/cc	Materia Orgánica (%)	Conductividad Eléctrica mS/cm	Sodio Inter. (%)
La Enramada	El Hato	Arcillo-limosa	10	45	45	0,45	5,72	0,78	0,099
El Parejo	El Hato	Franco-arcillo-limosa	0	64	36	0,98	5,47	0,36	0,11
El Alto	Quiuza	Franco-arcillo-limosa	18	51	31	1,03	3,90	0,16	0,011
La meseta	Quiuza	Franco-arcillo-limosa	0	65	35	0,84	4,65	0,11	0,026
El Plan	Maza	Arcillo-limosa	8	44	46	0,51	3,86	0,37	0,071
Los Manzanos	Maza	Franco-arcillo-limosa	0	60	40	0,47	4,47	0,30	0,05
San Juan	La Llanada	Franco-arcillosa	25	39	36	1,03	3,28	0,28	0,07
Alto de la cruz	La Llanada	Arcillo-limosa	6	53	41	0,92	3,21	0,23	0,04
Tres Esquinas	Chatasuga	Franco-arcillo-limosa	7	64	29	0,87	3,67	0,37	0,029
Venecia	Chatasuga	Franco-arcillo-limosa	6	66	30	0,97	3,56	0,38	0,06

Con base en la tabla anterior (Tabla 12.), El patrón común presentado en todos los lotes son suelos de tipo textural arcillo-limoso. Los lotes el parejo (El Hato), La meseta (Quiuza), y el lote los manzanos (Maza), presentan en sus reportes, cantidades de 0% en el contenido de arena. Sin embargo, al ubicar los valores en el triángulo textural del suelo (ver figura 12 anterior) entran en la clasificación Franco arcillo – limosa, lo que no concuerdan con las cantidades expresadas por los reportes de cada uno de los lotes mencionados anteriormente. Por lo cual, ajustando los valores con base en la realidad, son lotes que presentan suelos Arcillo-limoso.²³¹

²³¹ IBID.

Sánchez (1974)²³², establece una relación entre textural del suelo y algunas propiedades del suelo; por lo cual, para los suelos analizados en este estudio la relación es la siguiente:

Tabla 13. Relación de la textura con algunas propiedades del suelo.

Textura	Permeabilidad cm/hr	Límite Líquido	Índice de plasticidad	Capacidad de almacenaje cm/cm de suelo
Arcillosa, arcillo limosa	0.15-0.5	40-45	10-20	0.14-0.16
Franco arcillo limosa	0.5-1.60	40-50	10-20	0.18-0.20
Franco arcillosa	0.5-1.61	30-40	15-20	0.18-0.20

(Sánchez 1974, citado por Arroyave y Guzmán, 2015)

Según el Instituto Colombiano Agropecuario²³³ los niveles críticos de materia orgánica, se encuentra estipulados en la Tabla 14.

Tabla 14. Niveles críticos para el contenido de materia orgánica del suelo, en diferentes condiciones climáticas para Colombia.

CLIMA	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%) PARA NIVEL		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Cálido	< 2	2 - 3	> 3
Medio	< 3	3 - 5	> 5
Frío	< 5	5 - 10	> 10

(Tomados de ICA, 1992 citado por Jaramillo 2002)

En el caso de las veredas que presentan un clima medio, como lo son El Hato, Quiuza, Maza y La Llanada; reflejaron niveles medios en los porcentaje de materia orgánica (3 - 5%); Sin embargo, para la vereda Chatasuga caracterizados por presentar clima frío, presentaron niveles bajos de materia orgánica (< 5 %). En el país, el contenido de materia orgánica de los suelos de Colombia, se observa que en el país sólo se tienen altos contenidos de M.O (%) en las zonas altas de las cordilleras, principalmente en aquellas que presentan climas fríos¹⁷³, caso contrario presentados en los suelos del estudio, quizás por la sobre explotación del suelo sin ningún manejo adecuado.

El humus también cumple una función importante en la estructura del suelo. Sin humus los suelos con altos contenidos de limo o arcilla se compactarían fácilmente al ser labrados, caso común en todas las veredas de estudio. Los polisacáridos son las sustancias que realmente unen las partículas de suelo; la materia orgánica más resistente mantiene unidos los microagregados mientras

²³² IBID.

²³³ ICA, 1992, citado por JARAMILLO, D. F. J. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia.

que los ácidos fúlvicos ligan los macroagregados, de esta manera, se debe mantener adecuado uso de la M.O dependiente de la relación C/N²³⁴

El cultivo de *Allium cepa* L, soporta condiciones de salinidad media (9 -6 dS m⁻¹) y tolerancia a niveles altos en cuanto al porcentaje de sodio intercambiable (40 - 20 PSI %) ²³⁵; No obstante, los valores presentados en los resultados de los análisis de suelos son muy bajos que los que se presentan en la siguiente tabla 15, más aun, por los valores bajos de materia orgánica afecta la conductividad eléctrica de los suelos en estudio.

Tabla 15. Tolerancia de cultivos a salinidad y basicidad de los suelos.

Tolerancia* de algunas especies vegetales comunes, a diferentes condiciones de basicidad del suelo

TOLERANCIA A LA SALINIDAD (dS m ⁻¹)			TOLERANCIA AL PSI (%)			
ALTA (CE** 18-10)	MEDIA (CE 9-6)	BAJA (CE 5-2)	MUY ALTA PSI > 40	ALTA PSI 40-20	MEDIA PSI 20-10	BAJA PSI 10-2
Palma datilera	Tomate	Pera	Tomate	Zanahoria	Habichuela	Casi todos
Remolacha	Repollo	Manzana	Trigo	Trébol	Maíz	los frutales
Espárrago	Coliflor	Naranja	Alfalfa	Lechuga		y los cítricos
Pasto Bermuda	Lechuga	Fresa	Cebada	Avena		
Cebada	Zanahoria	Rábano	Remolacha	Cebolla		
Algodón	Cebolla	Apio	Algodón	Rábano		
	Trigo	Habichuela		Arroz		
	Avena	Habas		Sorgo		
	Arroz			Espinaca		
	Sorgo					
	Maíz					
	Girasol					

* Con respecto a la tolerancia a salinidad, los cultivos están ordenados de mayor a menor grado de tolerancia en la respectiva columna, dentro del rango establecido en ella.

** Conductividad eléctrica.

(Tomado de: Jaramillo 2002)

4. ETAPA 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. RELACIONES ENTRE LOS ELEMENTOS NUTRICIONALES PARA CEBOLLA BULBO (*Allium cepa* L.)

Para la obtención de los requerimientos nutricionales del cultivo de cebolla bulbo (*Allium cepa* L), se realizó una búsqueda minuciosa por más de 2 meses de los requerimientos del cultivo con pocos resultados favorables. Con base a los pocos soportes creíbles, se utilizó el sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS) basado en utilizar los valores de los nutrientes en el suelo, como predictores para el nivel de fertilidad del suelo.^{236 237}; Por consiguiente, se usaron

²³⁴FAO. Materia Orgánica. Consulta realizada: 28/Febrero/ 2016.

http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/ba/organic_matter.pdf

²³⁵ Jaramillo, 2012. OP CIP.

²³⁶ RODRÍGUEZ, M., SALAZAR, J. B., & SALAZAR, G. B. (2011). NORMAS DE DIAGNOSTICO (DRIS) PARA LA FERTILIZACIÓN DE LAS PRADERAS PERMANENTES. Pastos, 111-119.

los reportes nutricionales del cultivo otorgados por CompoExpt,²³⁸ Guerrero y Salazar,²³⁹ MCA-Honduras/EDA,²⁴⁰ CORPOICA, 1997²⁴¹ y Horneck, D.A 2004²⁴². (Remítase a la página 22 y 23).

Las relaciones de balance definidas a través del cálculo de los denominados índices de los nutrientes (IN-DRIS), para cada elemento en particular²⁴³, se estipuló de la siguiente manera:

RELACIONES - Índices de los Nutrientes

Cita Bibliográfica	(CompoExpt, 2010)	(Guerrero y Salazar, 2010)	(MCA-Honduras/EDA, 2007)	(Nutrimon, 2006)	(Horneck D.A, 2004)
N/N	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
N/P	2,2	5,3	1,1	1,5	5,6
N/K	0,8	1,3	0,6	0,8	0,9
N/Ca	-	4,6	1,1	6,0	1,2
N/Mg	8,0	6,3	48,0	8,0	6,3
P/N	0,5	0,2	0,9	0,7	0,2
P/P	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
P/K	0,3	0,2	0,6	0,5	0,2
P/Ca	-	0,9	1,0	4,0	0,2
P/Mg	3,6	3,8	2,8	5,3	1,1
K/N	1,3	0,8	1,5	1,3	1,1
K/P	2,9	4,1	1,7	1,9	6,3
K/K	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
K/Ca	-	3,5	1,7	7,5	1,3
K/Mg	10,6	15,7	4,6	10,0	7,1
Ca/N	-	0,2	0,9	0,2	0,9
Ca/P	-	1,2	1,0	0,3	4,8
Ca/K	-	0,3	0,6	1,0	0,8
Ca/Ca	-	1,0	1,0	0,1	1,0
Ca/Mg	-	4,4	2,8	1,3	5,4
Mg/N	0,1	0,0	0,3	0,1	0,2
Mg/P	0,3	0,3	0,4	0,2	0,9
Mg/K	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Mg/Ca	-	0,2	0,4	0,8	0,2
Mg/Mg	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Producción Final	1 Ton/Ha	35 Ton/Ha	47 Ton/Ha	50 Ton/Ha	94 Ton/Ha

Tabla 16. Índices de nutrientes según requerimientos de los autores citados.

²³⁷ Rodríguez & Rodríguez, 2000, OP CIT.

²³⁸ CompoExpt, 2010, OP CIT.

²³⁹ Guerrero y Salazar, 2010, OPC CIT.

²⁴⁰ MCA-Honduras/EDA, 2007, OP CIT

²⁴¹ corpoica, 1997 citado por Nutrimon, 2006, OP CIT.

²⁴² Horneck, D.A 2004, OP CIT.

²⁴³ Rodríguez & Rodríguez, 2000, OP CIT

Al observar detalladamente la tabla anterior (tabla 16.), nótese que las proporciones de los elementos citados no concuerdan con las respectivas cantidades de la producción final, entre cada uno de los exponentes citados. Lo cual, sin saber a cuál parámetro escoger, se les aplicó un análisis de regresión a cada uno de los cocientes entre las proporciones en base a la producción final otorgados por los autores citados. Por consiguiente, se realizó la función entre los datos organizados después de un ajuste promedio para la determinación de umbrales de respuesta.²⁴⁴

CURVA DE UMBRALES DE RESPUESTA

Para Rodríguez & Rodríguez,²⁴⁵ obtener los valores de requerimientos se realiza el promedio ajustado de los valores por cada elemento con referencia a los índices de los nutrientes (ver tabla 16); de esta manera, se analizó los elementos nutricionales de manera independiente en función al rendimiento o producción final. Seguidamente al graficar, se limita el área denominada realidad y el área denominada ficción, para la obtención de los parámetros como punto de partida para la elaboración del primer diagnóstico de fertilización.

Para el cálculo de los requerimientos, se utilizó la herramienta Microsoft Excel®, y sus valores detallados se citan en los anexos. (Ver Archivo: 1. Requerimientos - Análisis de Regresiones).

Market, (1992)²⁴⁶, en la Tabla 17, sugiere los siguientes contenidos promedios que se espera encontrar en el tejido vegetal de una planta en general y sin especificar. Las concentraciones por supuesto, varían con la especie, crecimiento, fertilización entre otros.

²⁴⁴ IBID.

²⁴⁵ IBID.

²⁴⁶ Market, 1992 citado por KALRA, Y. (ED.). (1997). Handbook of reference methods for plant analysis. CRC Press. jueves, 5 de noviembre de 2015.

Tabla 17. Concentración y relación según número de Átomos de elementos esenciales encontrados normalmente en el tejido vegetal. Epstein, 1965²⁴⁷

<i>Element</i>	<i>Symbol</i>	$\mu\text{mol/g}$ <i>dry wt</i>	mg/kg <i>(ppm)</i>	<i>%</i>	<i>Relative number of atoms</i>
Molybdenum	Mo	0.001	0.1	—	1
Copper	Cu	0.10	6	—	100
Zinc	Zn	0.30	20	—	300
Manganese	Mn	1.0	50	—	1,000
Iron	Fe	2.0	100	—	2,000
Boron	B	2.0	20	—	2,000
Chlorine	Cl	3.0	100	—	3,000
Sulfur	S	30	—	0.1	30,000
Phosphorus	P	60	—	0.2	60,000
Magnesium	Mg	80	—	0.2	80,000
Calcium	Ca	125	—	0.5	125,000
Potassium	K	250	—	1.0	250,000
Nitrogen	N	1,000	—	1.5	1,000,000

(Epstein, 1965 citado por Kalra, 1997)

NITROGENO

El nitrógeno, como primer elemento de estudio debido a su gran importancia en la fase estructural de la planta²⁴⁸, plasmado en la tabla 18. Los valores referentes a los requerimientos de nitrógeno propuestos por los diferentes autores, producciones finales, los índices de las relaciones N/P, N/K, N/Ca y N/Mg; además, los valores promedio son ajustados estadísticamente.²⁴⁹

Tabla 18. Análisis de Requerimiento de N y sus respectivas relaciones con los demás elementos.

	Cita Biblio	Prod F	Reque	N/N	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg
N	(CompoExpt, 2010)	1	4	1	2,22222	0,754	-	8
	(Guerrero y Salazar, 2010)	35	128	1	5,33333	1,29293	4,57	6,3
	(MCA-Honduras/EDA, 2007)	47	144	1	1,06667	0,64573	1,0827	48
	(Nutrimon, 2006)	50	120	1	1,5	0,8	6	8
	(Horneck. D.A, 2004)	94	157	1	5,60714	0,88451	1,16296	6,28
$\bar{\chi}$	Promedio	45,4	110,6	1	3,14587	0,87543	3,20392	15,316
Ds	Desviación Estandar	33,4111	61,2846	0	2,16379	0,24879	2,47314	18,2909
\pm	$\bar{\chi} + Ds$	78,8111	171,885	1	5,30966	1,12422	5,67706	33,6069
	$\bar{\chi} - Ds$	11,9889	49,3154	1	0,98208	0,62664	0,73077	-2,97491
(El Autor, 2015)	Nuevo promedio ajustado	44	137,25	1	1,5963	0,77106	2,27189	7,145

Prod F = Producción final (Ton/Ha)

²⁴⁷ Epstein, 1965 citado por Kalra, 1997, OP CIT.

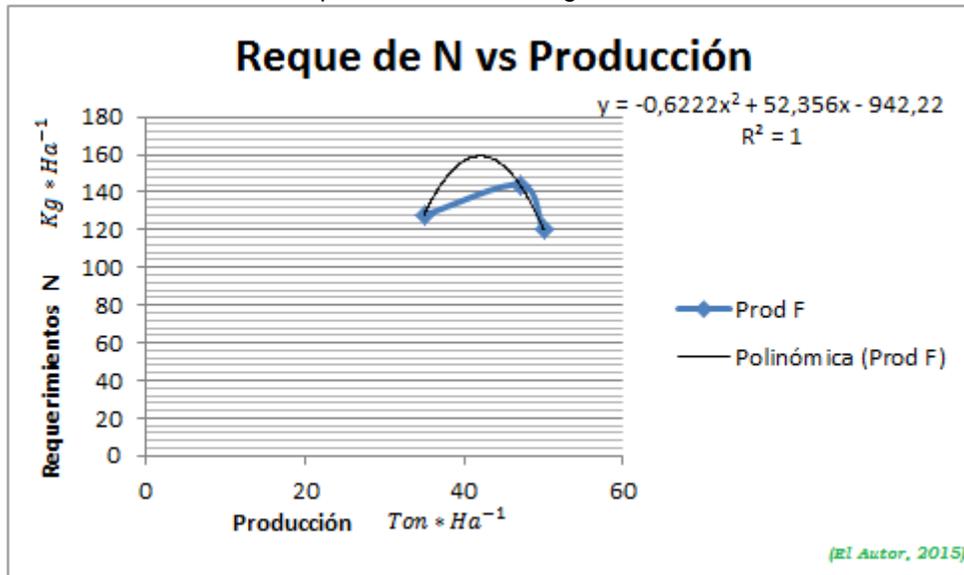
²⁴⁸ García-Serrano et al, 2010, OP CIT.

²⁴⁹ CANAVOS, G. C. (1988). Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos. Editorial McGraw-Hill. México.

Reque = Requerimientos del Elemento (Kg/Ha)
N/P, N/K, N/Ca y N/Mg = Índices de relación.
Valores en rojo, representa los valores ajustados estadísticamente.

Seguidamente, la relación del requerimiento del elemento en función a la producción final, da respuesta y representa los casos extremos de la relación entre el rendimiento y un determinado parámetro.²⁵⁰ Se estableció las siguientes funciones:

Gráfico 3. Requerimientos de Nitrógeno vs Producción Final



Al graficar los valores ajustados en el gráfico 3, se evidencia que no existe una relación directa y clara entre los requerimientos de nitrógeno y la producción final, esto es debido, a la poca concordancia de los datos suministrados por la literatura y se desconoce las condiciones en las cuales se realizaron esos estudios; Sin embargo, RODRIGUEZ & RODRIGUEZ,²⁵¹ aclaran que al limitar el área denominada realidad, en la cual se ubicaría cualquier observación válidamente obtenida sobre un parámetro cualquiera, del área denominada ficción, para en este caso, los valores máximos y mínimos de requerimientos son 120 y 128 Kg/Ha para producciones finales entre los 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

²⁵⁰ RODRÍGUEZ & RODRÍGUEZ, 2000, OP CIT.

²⁵¹ IBID.

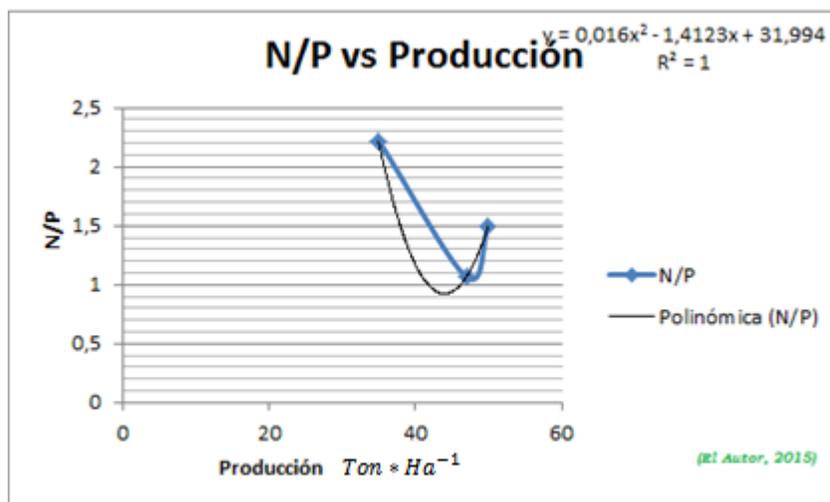


Gráfico 4. Índice N/P vs Producción Final

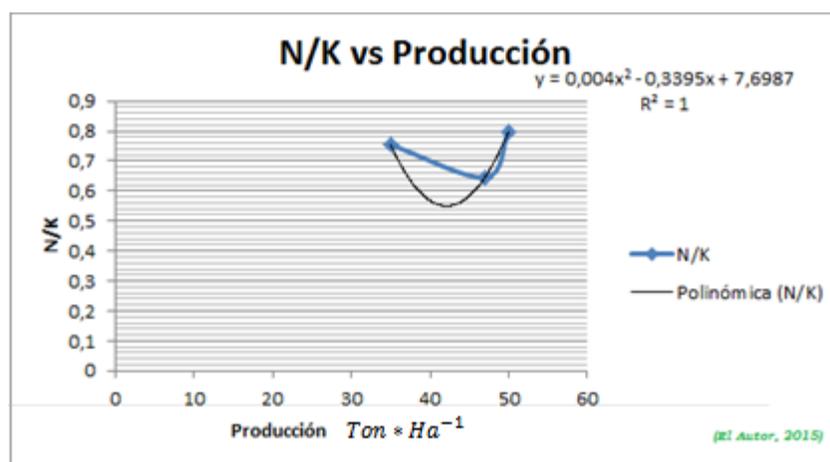


Gráfico 5. Índice N/K vs Producción Final

La relación N/P en función a la producción final, se estableció en las gráfico 4. De acuerdo con Rodríguez & Rodríguez, 2000²⁵², los índices respectivos se ubican entre 2,2 a 1,5 para producciones cercanas entre 35 y 50 Ton /Ha, respectivamente.²⁵³ La influencia del N en la absorción de P es bastante clara en las primeras etapas del crecimiento, esto es, que el Nitrógeno amoniacal tiene efectos significantes en la disponibilidad y absorción del P, es decir, las altas concentraciones de amoníaco limitan las reacciones de fijación de Fosforo pues la absorción de amoníaco ayuda a mantener un medio ambiente ácido en la superficie de la raíz, mejorando la absorción de P.

²⁵² IBID.

²⁵³ Potash & Phosphate Institute, 1988, OP CIT.

En cambio, la función N/K vs Producción final (Grafico 5), no existe una relación directa y clara entre las variables en estudio; aun así, García-Serrano et al,²⁵⁴ estipula que al incrementar la cantidad de nitrógeno, también se debe elevar la dosis de K para aumentar el rendimiento; caso contrario, afectaría negativamente la producción debido a que interviene y obstaculiza la absorción de K, contribuyendo así la reducción de la remoción de K^{+1} del suelo, debido a la menor toma de ese elemento por la planta, por tal motivo, los índices máximos y mínimos son de 0,8 y 0,75 para producciones finales de 50 y 35 Ton/Ha, respectivamente.

La relación N/K es también crucial en cultivos en los que la planta tiene que pasar de la fase de crecimiento (vegetativa) a la de floración o fructificación (generativa). El principal estímulo que hace que una planta de día corto o día largo pase del periodo vegetativo al generativo es el número de horas de oscuridad seguidas que recibe.²⁵⁵

La forma catiónica amoniacal NH^{+4} y en particular una baja relación NO^{-3}/NH^{+4} , interaccionan negativamente con la absorción por parte de la planta de calcio, magnesio y potasio, de forma que un exceso de NH^{+4} puede llegar a provocar una carencia de alguno de estos tres elementos.²⁵⁶ En las relaciones de N/Ca (véase anexo grafico A), presenta una relación inversa entre el índice N/Ca y la Producción final; por tal motivo, los valores ajustados son de 4,6 y 1,16 para rendimientos de 35 y 50 Ton/ha, respectivamente. De igual manera, la relación N/Mg vs Producción final (véase anexo grafico B) no es muy clara y no se ajusta a los hechos que se presenta en la realidad; por tal motivo, los valores mínimos y máximos en la relación N/Mg son de 6,3 a 8, para producciones finales de 47 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

FOSFORO

El Fosforo como segundo elemento de estudio debido a su gran importancia en la fase energética de la planta²⁵⁷, plasmado en la tabla 19. los valores referentes a los requerimientos de fosforo propuestos por los diferentes autores, producciones finales, los índices de las relaciones P/N, P/K, P/Ca y P/Mg; además, los valores promedio son ajustados estadísticamente.²⁵⁸

²⁵⁴ García-Serrano et al, 2010, OP CIT.

²⁵⁵ CANNA©.2016. Interacciones entre nutrientes. /Home » Info de cultivo » Interacciones entre nutrientes, Citado el 4-Ene/16. http://www.canna.es/interacciones_entre_nutrientes.

²⁵⁶ IBID.

²⁵⁷ García-Serrano et al, 2010, OP CIT.

²⁵⁸ Canavos, 1988, OP CIT.

Tabla 19. Análisis de Requerimiento de P y sus respectivas relaciones con los demás elementos.

	Cita Biblio	Prod F	Reque	P/P	P/N	P/K	P/Ca	P/Mg
p	(CompoExpt, 2010)	1	1,8	1	0,45	0,33962	-	3,6
	(Guerrero y Salazar, 2010)	35	24	1	0,1875	0,24242	0,85714	3,80952
	(MCA-Honduras/EDA, 2007)	47	135	1	0,9375	0,60538	1,01504	2,815
	(Nutrimon, 2006)	50	80	1	0,66667	0,53	4	5,33333
	(Horneck. D.A, 2004)	94	28	1	0,17834	0,15775	0,20741	1,12
\bar{x}	Promedio	45,4	53,76	1	0,484	0,37503	1,5199	3,33557
Ds	Desviación Estandar	33,4111	53,7065	0	0,32462	0,18916	1,68994	1,53829
±	$\bar{x} + Ds$	78,8111	107,466	1	0,80863	0,5642	3,20983	4,87386
	$\bar{x} - Ds$	11,9889	0,0535	1	0,15938	0,18587	-0,17	1,79728
(El Autor, 2015)	Nuevo promedio ajustado	44	33,45	1	0,37063	0,37068	0,6932	3,40817

Ajuste Estadístico

Prod F = Producción final (Ton/Ha)

Reque = Requerimientos del Elemento (Kg/Ha)

P/N, P/K, P/Ca y P/Mg = Índices de relación.

Valores en rojo, representa los valores ajustados estadísticamente.

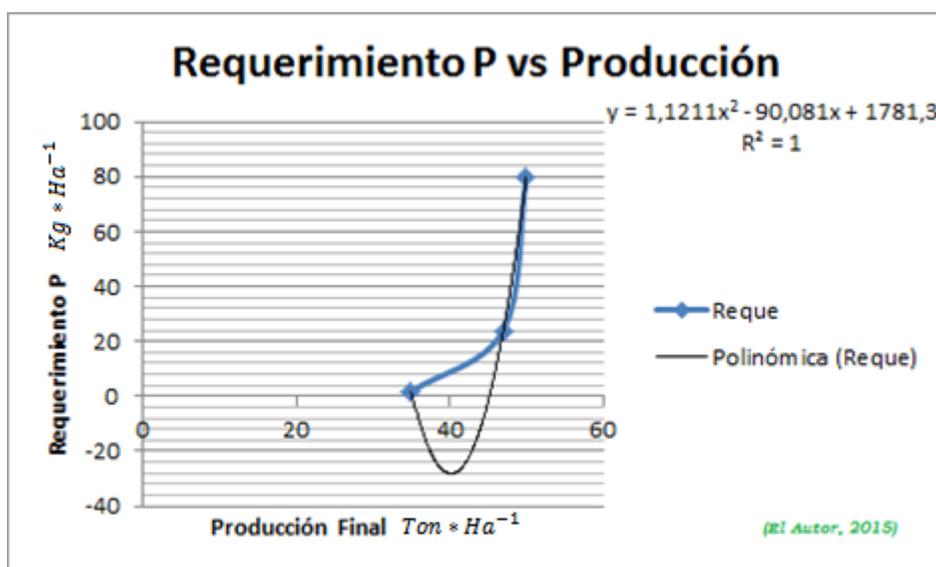


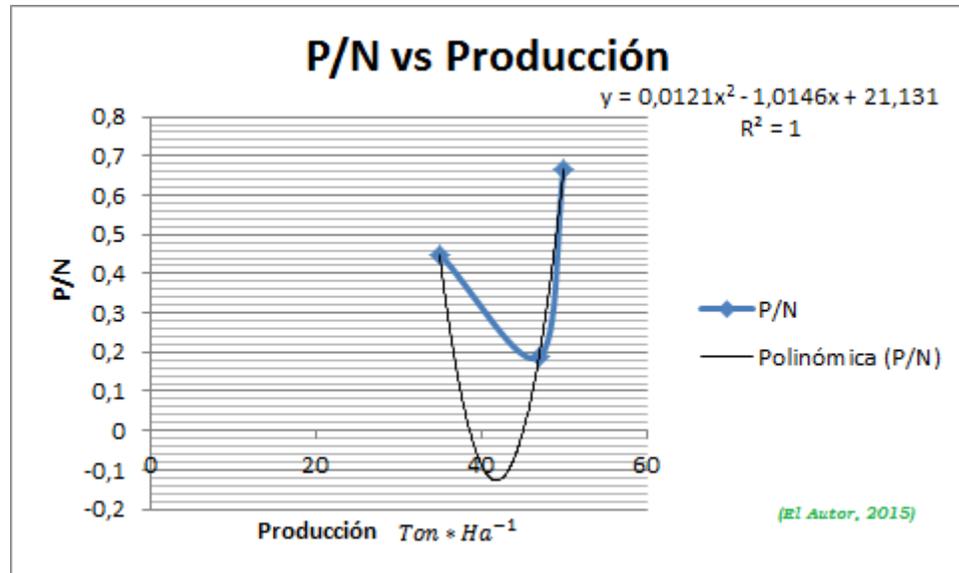
Gráfico 6. Requerimientos de Fosforo vs Producción Final

Los requerimientos de fósforo representa una relación clara con los niveles en la producción final (grafico 6), por consiguiente, a mayores requerimientos de fósforo obtenemos mayores rendimientos; para CANNA©,²⁵⁹ el exceso de fósforo interacciona negativamente con la mayoría de microelementos (Fe, Mn, Zn y Cu), en algunas ocasiones debido a la formación de precipitados insolubles y en otras debido a procesos metabólicos en el vegetal que impiden el traslado del elemento nutriente desde la raíz al resto de partes de la planta; Por tal razón, los topes

²⁵⁹ CANNA©.2016, OP CIT.

mínimos y máximos en los requerimientos van desde 1,8 a 80 Kg/Ha para producciones finales entre los 35 y 50 Ton/Ha.

Grafico 7. Índice P/N vs Producción Final



En la relación P/N véase la gráfica 7, no existe una relación directa y clara entre las variables en estudio, esto es debido, a la poca concordancia de los datos suministrados por la literatura; Por el contrario, se estipula que tanto el NO^{-3} como el NH_4^+ facilitan la absorción de fósforo²⁶⁰. En el caso de NH_4^+ , el motivo parece ser la excreción de iones H^{+1} por parte de la planta cuando se administra el nitrógeno de esta forma en cantidades significativas. Estos H^{+1} provocan una ligera acidificación del entorno radicular que puede favorecer la solubilidad de algunas sales de fósforo que de otra forma se encontrarían bloqueadas o en forma insoluble; no obstante, los rangos ajustados 0,45 y 0,66 en los índices P/N con rendimientos finales de 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

²⁶⁰ IBID.

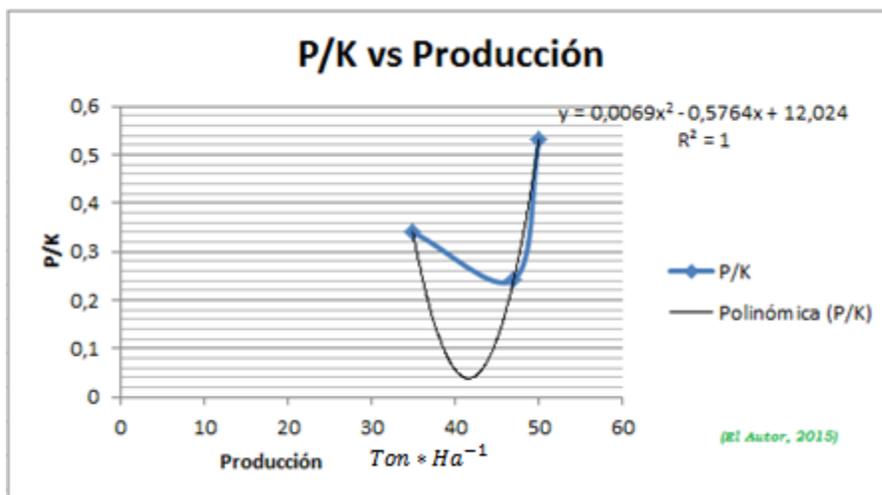


Gráfico 8. Índice P/K vs Producción Final

En la relación P/K véase grafica 8, no existe una relación directa y clara entre las variables en estudio, esto es debido, a la poca concordancia de los datos suministrados por la literatura. Según con Market, 1992²⁶¹ sugiere los siguientes contenidos promedios que se espera encontrar en el tejido vegetal de una planta sin especificar, lo cual representa que el elemento Fosforo con niveles del 2.000 mg/Kg y niveles de K del 10.000 mg/Kg para índices finales de 0.2 mg/Kg en el tejido de la planta; no obstante, los rangos ajustados 0,34 y 0,53 en los índices P/K para rendimientos finales de 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

En las relaciones de P/Ca (véase anexo grafico C), no presenta una relación clara entre el índice P/Ca y la Producción final; no obstante, los valores ajustados son de 0,85 y 0,20 para rendimientos de 35 y 50 Ton/ha, respectivamente; aunque se reportan una disminución en la disponibilidad de azufre y calcio cuando se aplican grandes cantidades de fosfatos, en el caso del calcio por la formación de fosfatos insolubles.²⁶²

De igual manera, la relación P/Mg vs Producción final (véase anexo grafico D) no se evidencia una clara relación y no se ajusta a los hechos que se presenta en la realidad; Sin embargo, el fósforo favorece la absorción de magnesio, con lo que una carencia en fósforo podría manifestarse también en una carencia de magnesio en el caso de encontrarse este último en pequeñas cantidades.²⁶³ Por ello, los valores mínimos y máximos en la relación P/Mg son de 3,6 a 2,8 para producciones finales de 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

²⁶¹ Market, 1992 citado por Kalra, 1997, OP CIT.

²⁶² CANNA©.2016, OP CIT.

²⁶³ IBID.

POTASIO

El Potasio como tercer elemento de estudio debido a su gran importancia en la fase productiva de la planta²⁶⁴, se plasmó en la tabla 20, los valores referentes a los requerimientos de potasio propuestos por los diferentes autores, producciones finales, los índices de las relaciones K/N, K/P, K/Ca y K/Mg; además, los valores promedio son ajustados estadísticamente.²⁶⁵

Tabla 20. Análisis de Requerimiento de K y sus respectivas relaciones con los demás elementos.

	Cita Biblio	Prod F	Reque	K/k	K/N	K/P	K/Ca	K/Mg
K	(CompoExpt, 2010)	1	5,3	1	1,325	2,94444	-	10,6
	(Guerrero y Salazar, 2010)	35	99	1	0,77344	4,125	3,53714	15,7143
	(MCA-Honduras/EDA, 2007)	47	223	1	1,54861	1,65185	1,67669	4,64583
	(Nutrimon, 2006)	50	150	1	1,25	1,875	7,5	10
	(Horneck. D.A, 2004)	94	177,5	1	1,13057	0,33929	1,31481	7,1
\bar{x}	Promedio	45,4	130,96	1	1,20552	2,18712	3,50716	9,61202
Ds	Desviación Estandar	33,4111	83,3842	0	0,2856	1,42542	2,83435	4,16346
±	$\bar{x} + Ds$	78,8111	214,344	1	1,49113	3,61254	6,34151	13,7755
	$\bar{x} - Ds$	11,9889	47,5758	1	0,91992	0,76169	0,67281	5,44857
(El Autor, 2015)	Nuevo promedio ajustado	44	107,95	1	1,11975	2,98148	2,17622	10,32

Ajuste Estadístico

Prod F = Producción final (Ton/Ha)

Reque = Requerimientos del Elemento (Kg/Ha)

K/N, K/P, K/Ca y K/Mg = Índices de relación.

Valores en rojo, representa los valores ajustados estadísticamente.

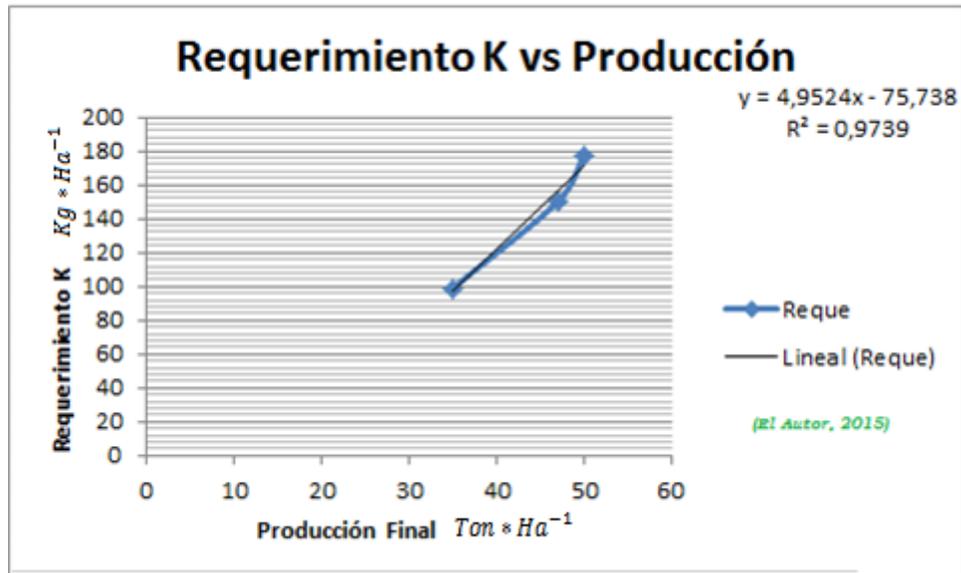


Gráfico 9. Requerimientos de Potasio vs Producción Final

²⁶⁴ García-Serrano et al, 2010, OP CIT.

²⁶⁵ Canavos, 1988, OP CIT.

Los requerimientos de potasio representa una relación clara proporcionalmente con los niveles en la producción final, por consiguiente, a mayores requerimientos de potasio obtenemos mayores rendimientos (ver gráfico 9). Para Ruiz & Escaff²⁶⁶, los importantes roles de K en movilización de azúcares y los aumentos del diámetro del bulbo, reportándose dosis adecuadas entre los 100 y 150 Kg de K; Sin embargo, los rendimientos de K según los análisis estadístico, van desde 99 a 178 Kg/Ha para producciones finales de 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

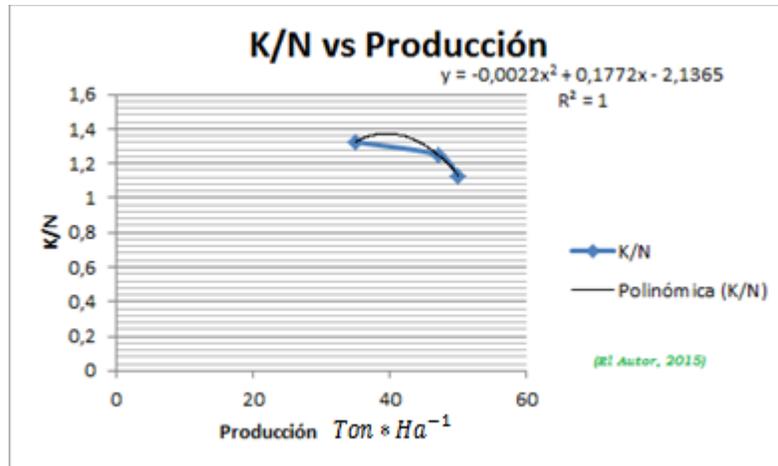


Grafico 10. Índice K/N vs Producción Final

Para la relación K/N es inversa a la producción final (véase gráfico 10), teniendo en cuenta con García-Serrano et al²⁶⁷, un correcto abonado potásico mejora la eficiencia y el aprovechamiento del abonado nitrogenado; además, para (Díaz et al, 2009), esta relación determina el equilibrio entre los procesos vegetativos y reproductivos, pues el potasio actúa como regulador del crecimiento cuando la disponibilidad de nitrógeno es alta, garantiza además una adecuada formación del rendimiento, regula la aparición de determinados desórdenes fisiológicos que inciden en la apariencia interna y externa de los frutos, fundamentalmente en el color y constituye un aspecto de manejo agronómico que incide en la durabilidad de la cosecha. Esta relación se inicia desde el K^{+1} de la solución del suelo, cuando es liberado de los minerales o proveniente de la fracción intercambiable, es atrapado firmemente por fuerzas electrostáticas entre las láminas de las arcillas debido a que es suficientemente pequeño. Sólo el NH_4^{+1} , por tener un radio iónico similar, puede competir con el K^{+1} por estos sitios de retención²⁶⁸. Teniendo en cuenta lo anterior, los rangos de K/N van desde 1,3 a 1,13 para producciones finales de 35 y 50 Ton/Ha.

²⁶⁶ RUIZ, R., & ESCAFF, M. (1992). Nutrición y Fertilización de la cebolla. Primer Curso-Taller de Cebollas1, 992, 29-38.

²⁶⁷ García-Serrano et al, 2010, OP CIT.

²⁶⁸ Sadeghian, 2012, OP CIT.

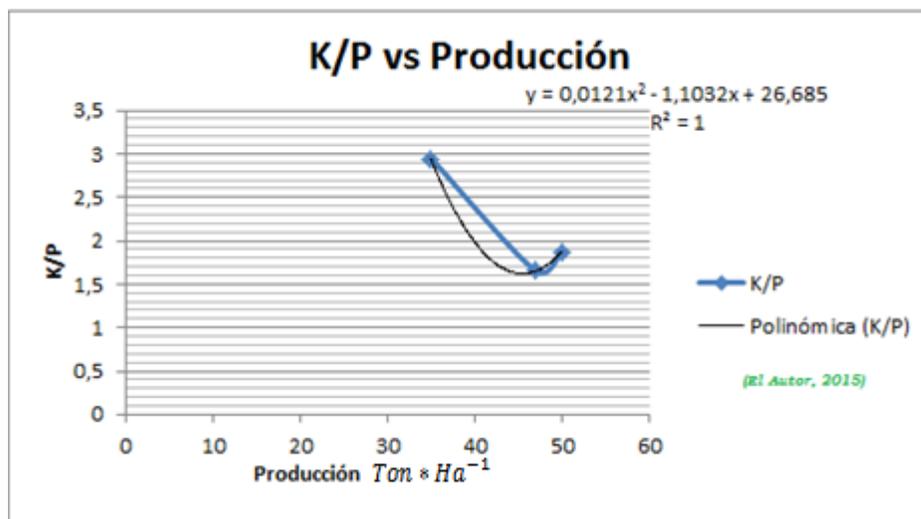


Gráfico 11. Índice K/P vs Producción Final

La relación K/P es inversamente proporcional a la producción final (véase gráfico 11), Potash & Phosphate Institute²⁶⁹, aclara que según estudios en Virginia, El Potasio y el fósforo afectan la nodulación y por lo tanto la fijación del N, notaron que el P y el K aumentaron el número de nódulos, el porcentaje de N en cada nódulo, y la producción de proteínas en semilla de múltiples especies; en este orden de ideas, los rangos de K/P van desde 2,94 a 1,9 para producciones finales de 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

En las relaciones de K/Ca (véase anexo gráfico E), se presenta una relación inversa entre el índice K/Ca y la Producción final; no obstante, los valores ajustados son de 3,53 y 1,31 para rendimientos finales de 35 y 50 Ton/ha, respectivamente; De igual manera, la relación K/Mg vs Producción final (véase anexo gráfico F), se evidencia una relación inversa siendo los valores en la relación P/Mg de 10,6 a 7,1 para producciones finales de 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente. Teniendo en cuenta CANNA©²⁷⁰, El K en relación con el calcio y magnesio, una carencia de potasio se puede dar si aplicamos un exceso de estos elementos de forma que el ratio K/Ca y K/Mg debe de ser siempre superior a 2 pero inferior a 10, ya que un exceso de K puede dificultar la absorción de calcio y magnesio.

²⁶⁹ Potash & Phosphate Institute, 1988, OP CIT.

²⁷⁰ CANNA©.2016, OP CIT.

CALCIO

El Calcio como cuarto elemento de estudio, su importancia en las partes más jóvenes de la planta y meristemos apicales²⁷¹, plasmado en la tabla 21, los valores referentes a los requerimientos de calcio propuestos por los diferentes autores, producciones finales, los índices de las relaciones Ca/N, Ca/P, Ca/K y Ca/Mg; además, los valores promedio son ajustados estadísticamente²⁷².

Tabla 21. Análisis de Requerimiento de Ca y sus respectivas relaciones con los demás elementos.

	Cita Biblio	Prod F	Reque	Ca/Ca	Ca/N	Ca/P	Ca/K	Ca/Mg
Ca	(CompoExpt, 2010)	-	-	-	-	-	-	-
	(Guerrero y Salazar, 2010)	35	28	1	0,21875	1,16667	0,28283	4,44444
	(MCA-Honduras/EDA, 2007)	47	133	1	0,92361	0,98519	0,56641	2,77083
	(Nutrimon, 2006)	50	20	1	0,16667	0,25	0,13333	1,33333
	(Horneck. D.A, 2004)	94	135	1	0,85987	4,82142	0,76056	5,4
\bar{x}	Promedio	56,5	79	1	0,54223	1,80582	0,43578	3,48715
Ds	Desviación Estandar	25,8263	63,5977	0	0,40498	2,0491	0,28132	1,80069
±	$\bar{x} + Ds$	82,3263	142,598	1	0,94721	3,85491	0,7171	5,28784
	$\bar{x} - Ds$	30,6737	15,4023	1	0,13724	-0,24328	0,15447	1,68646
(El Autor, 2015)	Nuevo promedio ajustado	44	79	1	0,54223	0,80062	0,42462	3,60764

Ajuste Estadístico

Prod F = Producción final (Ton/Ha)

Reque = Requerimientos del Elemento (Kg/Ha)

Ca/N, Ca/P, Ca/K y Ca/Mg = Índices de relación.

Valores en rojo, representa los valores ajustados estadísticamente.

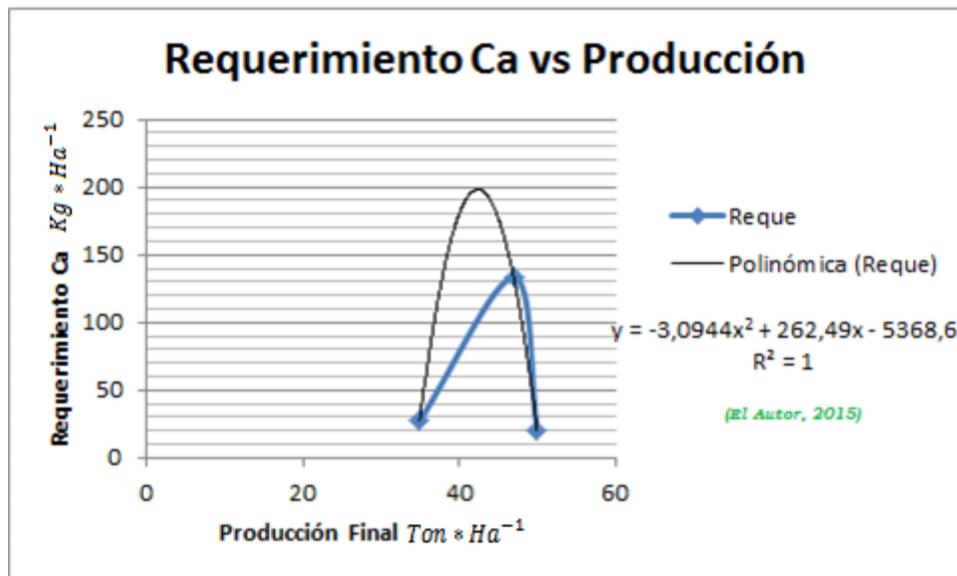


Grafico 12. Requerimientos de Calcio vs Producción Final

²⁷¹ Sadeghian, 2012, OP CIT.

²⁷² Canavos, 1988, OP CIT.

Al graficar los valores ajustados en la gráfico 12, se evidencia que no existe una relación directa y clara entre los requerimientos de calcio y la producción final, esto es debido, a la falta de información referente a los requerimientos de calcio correspondiente en la literatura citada por CompoExpt²⁷³, además, se desconoce las condiciones en las cuales se realizaron esos estudios. Sin embargo, al limitar el área denominada realidad y el área denominada ficción²⁷⁴, para en este caso, los valores máximos y mínimos de requerimientos son 28 y 20 Kg/Ha para producciones finales entre los 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

En la relación Ca/N véase grafica x (véase anexo gráfico G), no existe una relación directa y clara entre las variables en estudio, esto es debido, a la poca concordancia de los datos suministrados por la literatura; Market, 1992²⁷⁵ que los niveles de Ca/N en cualquier planta corresponde a índices de 0.33; no obstante, los rangos ajustados 0,22 y 0,17 en los índices Ca/N para rendimientos finales de 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

En la relación Ca/P véase grafica x (véase anexo gráfico H), no existe una relación directa y clara entre las variables en estudio, esto es debido, a la poca concordancia de los datos suministrados por la literatura; se estipula que los niveles de Ca/P en cualquier planta corresponde a índices de 0.5²⁷⁶; no obstante, los rangos ajustados 1,16 y 0,25 en los índices Ca/P para rendimientos finales de 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

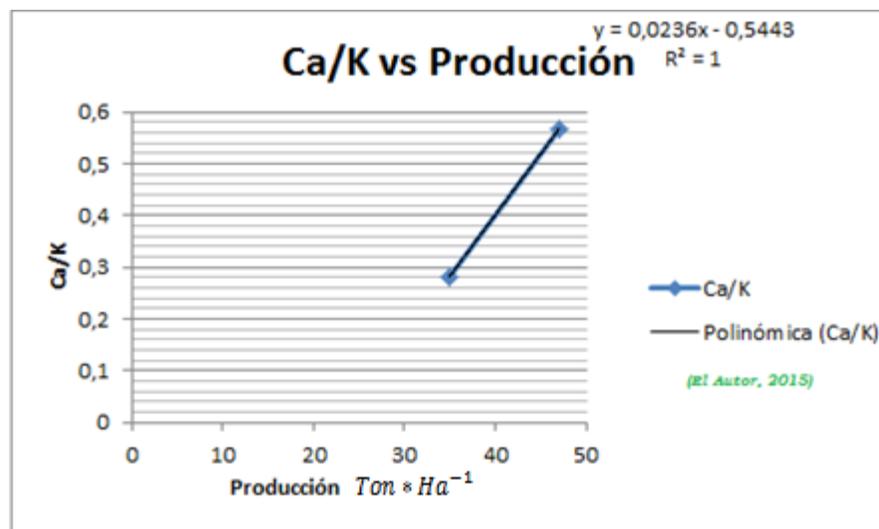


Grafico 13. Índice Ca/K vs Producción Final

²⁷³ CompoExpt, 2010, OP CIT.

²⁷⁴ Rodríguez & Rodríguez, 2000, OP CIT.

²⁷⁵ Market, 1992 citado por Kalra, 1997, OP CIT.

²⁷⁶ IBID.

La relación Ca/K muestra una relación directamente proporcional a la producción final (véase gráfico 13) caso que no se presenta en la realidad; por el contrario, (Monge et al, 1994) reporta altos niveles de potasio y su consiguiente efecto antagonístico sobre la toma de calcio y de magnesio por parte de las raíces. Este antagonismo potasio-calcio se hace particularmente evidente cuando, durante el crecimiento del fruto, el valor de la relación entre ambos nutrientes en el extracto acuoso del suelo (1:2) es superior a 10; En este sentido, la concentración de Ca^{+2} en la solución del suelo es cerca de 10 veces mayor a la del K^{+1} , pese a ello su toma es menor que este nutriente²⁷⁷. Los valores ajustados estadísticamente²⁷⁸ son de 0,3 y 0,56 en la relación Ca/K para producciones finales de 35 y 47 Ton/Ha, respectivamente.

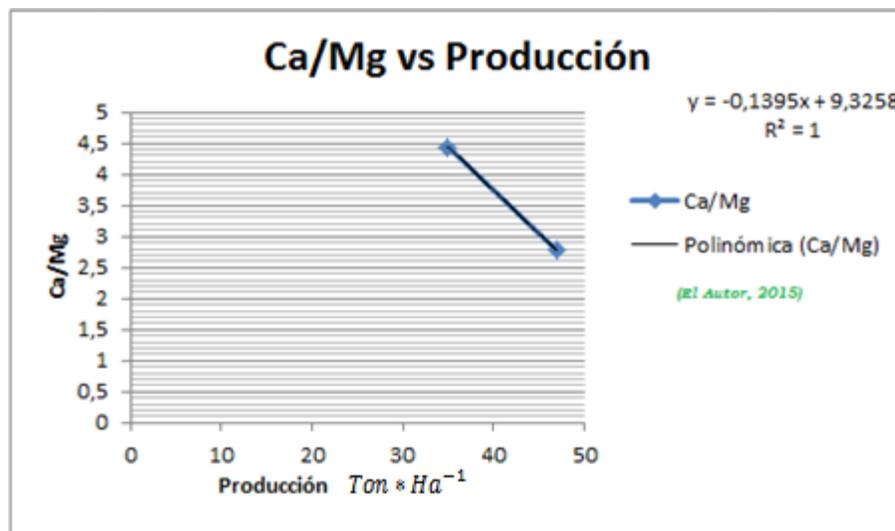


Gráfico 14. Índice Ca/Mg vs Producción Final

La relación Ca/Mg es inversamente a la producción final (véase gráfico 14), de tal manera, Sadeghian²⁷⁹ aclara la nutrición normal de Ca^{+2} puede verse disturbado cuando el Mg^{+2} excede al Ca^{+2} ya que constituyen la fracción más importante del complejo de cambio catiónico, en tanto que los cationes monovalentes se hallan en menor proporción²⁸⁰. Estudios reportados por Díaz et al²⁸¹, encontraron una relación inversa entre el contenido de licopeno en frutos y la concentración de Ca en la solución nutritiva, debido a una disminución en la absorción de potasio,

²⁷⁷ SADEGHIAN, S. (2004). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos cultivados

²⁷⁸ Canavos, 1988, OP CIT.

²⁷⁹ Sadeghian, 2012, OP CIT.

²⁸⁰ Monge et al, 1994, OP CIT.

²⁸¹ DÍAZ, M. I. H., LAFFITA, M. C., PLACERES, V. M., VELOZ, A. O., PULIDO, J. M. S., & GUERRERO, O. B. (2009). Relaciones nitrógeno potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo Ferralítico Rojo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 44(5), 429-436. en café.

mientras que altos niveles de potasio y magnesio pueden incrementar la incidencia de la pudrición apical del fruto y reducir la fortaleza de las paredes celulares. En este orden de ideas, los rangos de Ca/Mg van desde 4,44 a 2,77 para producciones finales de 35 y 47 Ton/Ha, respectivamente.

MAGNESIO

El Magnesio como quinto elemento de estudio, su importancia en la conformación de la molécula clorofila²⁸², plasmado en la tabla 22, los valores referentes a los requerimientos de magnesio propuestos por los diferentes autores, producciones finales, los índices de las relaciones Mg/N, Mg/P, Mg/K y Mg/Ca; además, los valores promedio son ajustados estadísticamente.²⁸³

Tabla 22. Análisis de Requerimiento de Mg y sus respectivas relaciones con los demás elementos.

	Cita Biblio	Prod F	Reque	Mg/Mg	Mg/N	Mg/P	Mg/K	Mg/Ca
Mg	(CompoExpt, 2010)	1	0,5	1	0,125	0,27778	0,09434	-
	(Guerrero y Salazar, 2010)	35	6,3	1	0,04922	0,2625	0,06364	0,225
	(MCA-Honduras/EDA, 2007)	47	48	1	0,33333	0,35556	0,21525	0,3609
	(Nutrimon, 2006)	50	15	1	0,125	0,1875	0,1	0,75
	(Horneck. D.A, 2004)	94	25	1	0,15924	0,89284	0,14085	0,18519
χ	Promedio	45,4	18,96	1	0,15836	0,39523	0,12281	0,38027
Ds	Desviación Estandar	33,4111	18,6851	0	0,10578	0,2845	0,05853	0,25771
±	$\chi + Ds$	78,8111	37,6451	1	0,26413	0,67973	0,18134	0,63798
	$\chi - Ds$	11,9889	0,2749	1	0,05258	0,11074	0,06429	0,12256
(El Autor, 2015)	Nuevo promedio ajustado	44	11,7	1	0,13641	0,29861	0,13761	0,25703

Ajuste Estadístico

Prod F = Producción final (Ton/Ha)

Reque = Requerimientos del Elemento (Kg/Ha)

Mg/N, Mg/P, Mg/K y Mg/Ca = Índices de relación.

Valores en rojo, representa los valores ajustados estadísticamente.

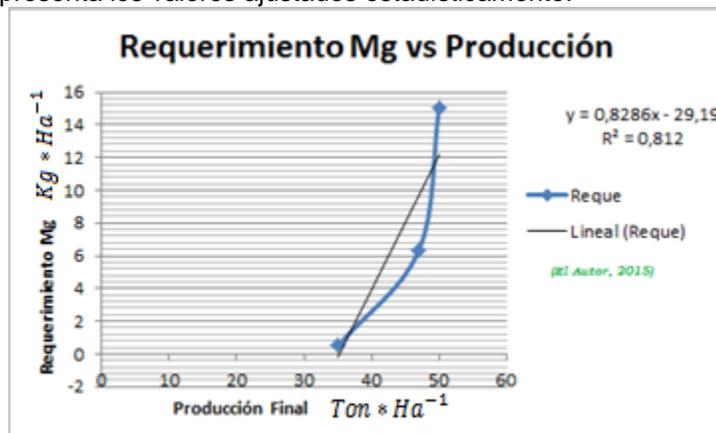


Gráfico 15. Requerimientos de Magnesio vs Producción Final

²⁸² Sadeghian, 2012, OP CIT.

²⁸³ Canavos, 1988, OP CIT

Al graficar los valores ajustados en la gráfico 15, se observa una relación directa entre los requerimientos de magnesio y la producción final. Sadeghian²⁸⁴, consideran que aquellos suelos que contienen menos de 25 a 50 mg kg⁻¹ de Mg⁺² intercambiable son probablemente deficientes en este nutriente, aunque la saturación crítica de Mg⁺² para un óptimo crecimiento de las plantas, coincide estrechamente con este rango, pero en la mayoría de los casos el porcentaje de saturación podría no ser menos de 10%. Sin embargo, al limitar el área denominada realidad y el área denominada ficción²⁸⁵, para en este caso, los valores máximos y mínimos de requerimientos son 0,5 y 15 Kg/Ha para producciones finales entre los 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

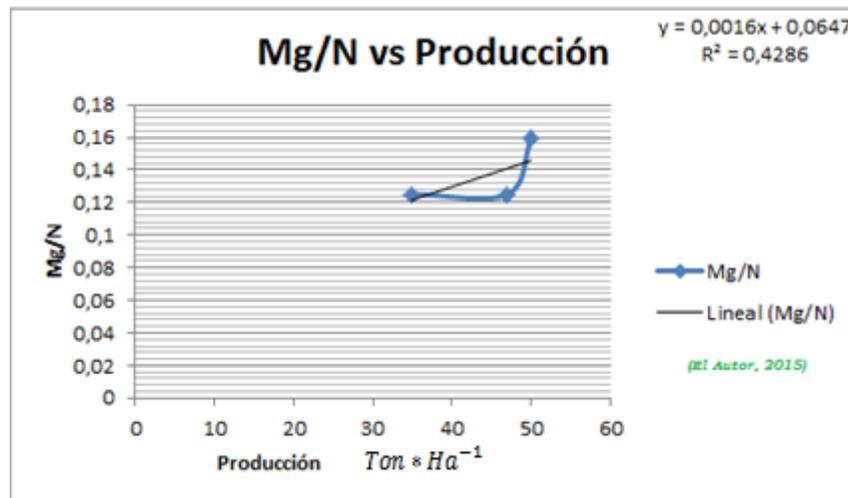


Gráfico 16. Índice Mg/N vs Producción Final

Para la relación Mg/N es proporcional a la producción final (véase gráfico 16), smart-fertilizar®²⁸⁶, estipula el antagonismo del magnesio junto con otros iones con carga positiva, como el potasio y el amonio, compitiendo y reduciendo su absorción y translocación desde las raíces a las partes superiores de la planta. Por lo tanto, aplicaciones excesivas de potasio y nitrógeno pueden inducir una deficiencia de magnesio. Se debe tener especial cuidado en suelos arenosos, ya que su CIC es baja y pueden retener menos magnesio. Teniendo en cuenta lo anterior, los rangos de Mg/N van desde 0,125 a 0,16 para producciones finales de 47,5 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

En la relación Mg/P (véase anexo gráfico I), no existe una relación directa y clara entre las variables en estudio, esto es debido, a la poca concordancia de los datos suministrados por la literatura; Market, 1992²⁸⁷ estipula que los niveles de Mg/P en

²⁸⁴ Sadeghian, 2004, OP CIT.

²⁸⁵ Rodríguez & Rodríguez, 2000, OP CIT.

²⁸⁶ smart-fertilizar®, 2015, OP CIT.

²⁸⁷ Market, 1992 citado por Kalra, 1997, OP CIT.

cualquier planta corresponde a índices de 0.2. No obstante, los rangos ajustados 0,26 y 0,35 en los índices Mg/P para rendimientos finales de 47 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

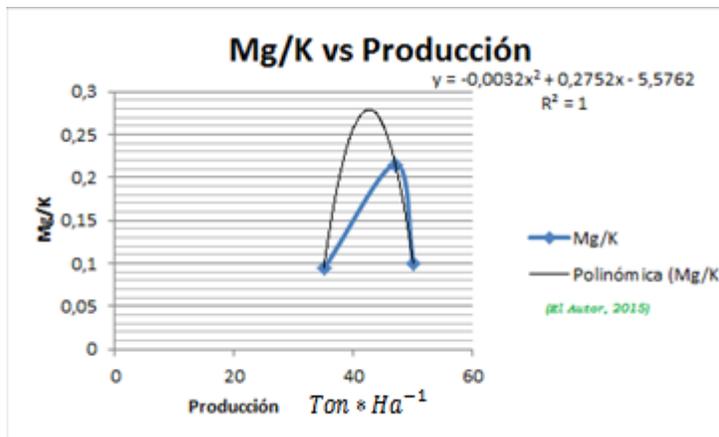
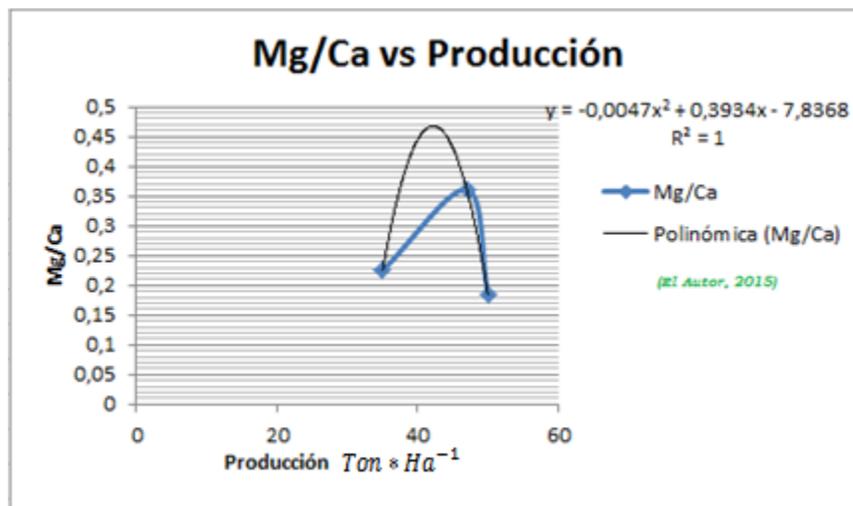


Grafico 17. Índice Mg/K vs Producción Final

En la relación Mg/K véase la gráfica 17, no existe una relación directa y clara entre las variables en estudio, esto es debido, a la poca concordancia de los datos suministrados por la literatura; pese a ello, La absorción de Mg por parte de la planta es influenciada negativamente por una relación K/Mg, Ca/Mg y NH₄/ Mg alta, así como un bajo valor de pH de los suelos²⁸⁸. En este caso, los rangos de Mg/K van desde 0,215 a 0,1 para producciones finales de 475 y 50 Ton/Ha, respectivamente.



Grafica 18. Índice Mg/Ca vs Producción Final

²⁸⁸ Compo-Expert®, 2013, OP CIT.

En la relación Mg/Ca véase la gráfica 18, no existe una relación directa y clara entre las variables en estudio, esto es debido, a la poca concordancia de los datos suministrados por la literatura. Sadeghian,²⁸⁹ indica la concentración normales de Mg^{+2} en la solución del suelo en las regiones templadas varía entre 5 y 50 $mg \cdot kg^{-1}$ y en suelos calcáreos el nivel de Mg^{+2} es inherentemente bajo, además, El Mg^{+2} intercambiable es por lo general del orden del 5% del Magnesio total, y constituye normalmente entre el 4% y 20% de la CIC, valor considerablemente menor que el de Ca^{+2} que es del 80%, y a su vez, mayor que el de K^{+1} cercano al 4%.

El mayor efecto que tiene esta relación sobre el cultivo es su influencia sobre la estructura del suelo. El calcio en el suelo tiende a mejorar la aireación mientras que el Mg favorece la adhesión de partículas del suelo. De esta forma, si el ratio Ca/Mg es muy bajo, lo que supone que gran parte del complejo de cambio estará ocupado por estos iones Mg, el suelo se vuelve menos permeable, perjudicando el desarrollo del cultivo. Por eso, el ratio Ca/Mg suele ser siempre superior a 1.²⁹⁰

El antagonismo calcio-magnesio se evidencia en la alta difusión de Mg^{+2} en el floema, explica por qué de este elemento, en contraposición al Ca^{+2} , puede trasladarse fácilmente de las hojas viejas a las jóvenes cuando se presenta una deficiencia. Es común, la ocurrencia de las deficiencias de Mg^{+2} en suelos ácidos con altas tasas de aplicación de cales bajas en Mg; así mismo cuando se realiza un suministro elevado de fertilizantes amoniacales o potásicos, y en cultivos con alta demanda de Mg.²⁹¹ Dado lo anterior, los rangos de Mg/Ca van desde 0,23 a 0,19 para producciones finales de 35 y 50 Ton/Ha, respectivamente.

Calcio, magnesio y Sodio

Por último, la relación entre calcio, magnesio y sodio puede verse alterada por la presencia de carbonatos y de bicarbonatos. Es decir, aunque el Ca, Mg inicialmente se encuentren en cantidades mayores al Na, al regar con aguas muy duras que contienen grandes cantidades de carbonatos y bicarbonatos, estos pueden hacer precipitar el calcio y magnesio en forma de carbonatos insolubles, produciendo un desequilibrio a favor del sodio.²⁹² Sin embargo, los niveles de sodio reportados en los análisis de suelos son relativamente bajos. (Véase Tabla 12 y anexos reporte análisis de suelos)

²⁸⁹ Sadeghian, 2012, OP CIT.

²⁹⁰ CANNA©.2016, OP CIT.

²⁹¹ Sadeghian, 2012, OP CIT

²⁹² CANNA©.2016, OP CIT.

AZUFRE

Ruiz & Escaff,²⁹³ destaca de los aspectos que atañen a la calidad organoléptica vinculados a la nutrición de S, por su presencia estructural en aminoácidos y en sulfuros de alilo que producen estas características de olor y sabor. Debido a la falta de información correspondiente por dos de los autores citados, los requerimientos de azufre (S) fueron tomados según el promedio de los datos propuestos MCA-Honduras/EDA,²⁹⁴ CORPOICA, 1997²⁹⁵ y Horneck, D.A²⁹⁶; por lo cual, los requerimientos de azufre se determinaron de la siguiente manera:

$$S = 49 + 40 + 25 = \frac{114}{3} = 38 \text{ Kg/Ha de Azufre.}$$

DETERMINACIÓN DE LA FORMULA DE FERTILIZACIÓN

Para la conformación de la fórmula de fertilización, se usaron los datos registrados en la **tabla I**. Datos generales de índices y requerimientos de los elementos nutricionales para cebolla bulbo (*Allium cepa* L.) (Véase anexo), entre los que se encuentra los valores de los elementos con respecto a la producción final, para determinar la proporción de la ecuación final.²⁹⁷

Tabla 23. Proporciones de cada elemento nutritivo como requerimiento para la fertilización de cebolla bulbo (*Allium cepa*)

Elemento	N	P	K	Ca	Mg
	1	0.03	0.6	1.4	0.1
Factor x 30	30	1	18	42	3

Fuente: El autor.

Se multiplicó cada índice por un numero entero (en este caso 30), para transformar los datos y facilitar la interpretación.

²⁹³ Ruiz & Escaff, 1992

²⁹⁴ MCA-Honduras/EDA, 2007, OP CIT.

²⁹⁵ corpoica, 1997 citado por Nutrimon, 2006, OP CIT.

²⁹⁶ Horneck, D.A 2004, OP CIT.

²⁹⁷ Meléndez & Molina, 2001, OP CIT.

Los requerimientos finales para el cultivo de cebolla bulbo (*Allium cepa* L), ajustados estadísticamente son:

Figura 13. Requerimientos finales para el cultivo de cebolla bulbo (*Allium cepa* L)*

$$N - P - K - Mg - S$$

$$30 - 1 - 18 - 3 - 38$$

*Los requerimientos están dados en % ó Kg/Ha, para producciones finales entre los 35 y 50 Ton/Ha. Los valores para el calcio (42 kg/Ha), son incorporados en la Etapa de la enmiendas.²⁹⁸

B. NECESIDADES NUTRICIONALES PARA LA FERTILIZACIÓN DE CEBOLLA BULBO (*Allium cepa* L) EN CHOACHI.

Con base en Potash & Phosphate Institute,²⁹⁹ y Rodríguez & Rodríguez,³⁰⁰ se realizó el cálculo de las necesidades de fertilización para cada uno de los lotes en estudio, por consiguiente, se tomaron los resultados de los elementos N, P, K, Ca y Mg de cada uno de los reportes de suelos anunciado por Laboratorios Calderón® llevados a una hectárea, por lo cual, se resta con los valores de los requerimientos de cebolla bulbo hallados anteriormente (ver figura 13) para la obtención de las necesidades de fertilización.

Para el cálculo de las necesidades de fertilización en todos los lotes, se utilizó la herramienta Microsoft Excel®, para la facilidad del cálculo de los datos (Ver Archivo: 2.Plan Fertilización Elementos Mayores).

El siguiente ejemplo, representa los valores rojos obtenidos de las matrices en Excel de los lotes La Enramada y el Parejo de la vereda El Hato:

VEREDA EL HATO

Tabla 24. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote la Enramada

ELEMENTO	RAS	DISPONIBILIDAD SUELO	REQUERIMIENTOS	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha	50 Ton/Ha	100 Ton/Ha
Simbolo	Meq/100 gramos	Total Kg/Ha	DEL CULTIVO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha
N	1,557142857	130,8	30	100,8	87,9	45
P	1,310679612	162	1	161	160,57	153,14
K	0,45	210,6	18	192,6	184,86	159,12
S	0,14375	27,6	38	-10,4	-26,74	-81,08
Mg	2,56	368,64	3	365,64	364,35	360,06
Ca	90,53	2527,2	42	2485,2	2467,14	2407,08

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

²⁹⁸ Montenegro, 2003, OP CIT.

²⁹⁹ Potash & Phosphate Institute, 1988, OP CIT.

³⁰⁰ Rodríguez & Rodríguez, 2000, OP CIT.

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

Tabla 25. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote El Parejo

ELEMENTO Simbolo	RAS Meq/100 gramos	DISPONIBILIDAD SUELO Total Kg/Ha	REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO Kg/Ha	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha *SALDO Kg/Ha	50 Ton/Ha *SALDO Kg/Ha	100 Ton/Ha *SALDO Kg/Ha
N	0,55742857	46,8	30	16,8	3,9	-39
P	0,524271845	64,8	1	63,8	63,37	61,34
K	0,37	173,16	18	155,16	147,42	121,68
S	0,08125	15,6	38	-22,4	-38,74	-93,08
Mg	1,04	143,76	3	146,76	145,47	141,88
Ca	4,09	981,6	42	939,6	921,54	861,48

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

Los demás cálculos se encuentran estipulados desde la tabla A – H (véase anexo)

Literal I. Cantidad de fertilización:

Para determinar las cantidades de los nutrientes y los tipos de Fertilizantes a usar, se realizó por fórmulas matemáticas las cantidades de elementos nutritivos a aplicar,³⁰¹ por lo que se demuestra en el siguiente ejemplo.

VEREDA EL HATO: Lote la Enramada.

Producción Final 35 Ton/Ha

En esta sección, se tomaron los elementos más importantes para la producción y calidad de la cebolla³⁰²:

Para el desarrollo de la fertilización, el factor de eficiencia postulado por Echeverri,³⁰³ y Triana et al,³⁰⁴ para cada uno de los elementos mayores, están estipulados a continuación:

N: 30 %, P: 10%, K: 30 % y para el Ca, Mg y S del 90 %

De igual manera, se tiene en cuenta el contenido o porcentaje de cada uno de los elementos nutritivos presentes en los fertilizantes a usar (véase marco referencial).

³⁰¹ ECHEVERRI, J. G. M.SC. 2006. calculo de necesidades de fertilizaciones pastos, universidad de Antioquia, facultad de ciencias agrarias, escuela de producción agropecuaria, manejo y utilización de pastos y forrajes 5007- 180.Medellin

³⁰² Ruiz & Escaff, 1992, OP CIT.

³⁰³ Echeverri, 2006, OP CIT.

³⁰⁴ TRIANA, D.P. M., SILVA, R. L., GOMEZ, M. I., & PEÑALOZA, G. (Eds.). (2003).Manejo integral de la fertilidad del suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Requerimiento del Elemento + Factor de Eficiencia (%)

$$N = (101 \text{ Kg/Ha}) * (0.3) = 30.3 \text{ Kg/Ha} \rightarrow \text{Total} = 131.3 \text{ Kg/Ha}$$

$$P = (161 \text{ Kg/Ha}) * (0.1) = 16.1 \text{ Kg/Ha} \rightarrow \text{Total} = 177 \text{ Kg/Ha}$$

$$K = (193 \text{ Kg/Ha}) * (0.3) = 57.9 \text{ Kg/Ha} \rightarrow \text{Total} = 251 \text{ Kg/Ha}$$

$$S = (10,4 \text{ Kg/Ha}) * (0.9) = 9.36 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}} \rightarrow \text{Total} = 19.76 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}}$$

$$(\text{Elemento} + \text{Factor de Eficiencia}) * (\text{Factor del Fertilizante}) \\ = \text{Total de Fertilizante a usar}$$

1. Azufre elemental.(S)

1 Bulto de 40 Kg posee un 98% de pureza, entonces 100 Kg S presenta 98 Kg en la realidad, Por lo cual:

$$S = \frac{100 \text{ Kg}}{98 \text{ Kg}} = 1,02 \text{ Factor S}$$

Entonces:

$$S = \left(19.76 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}}\right) * (1,02) = 20, 16 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}}$$

Número de Bultos

$$S = \frac{(20, 16 \text{ Kg})}{(1 \text{ Bulto}/40 \text{ Kg})} = 0,5 \text{ Bultos} \cong 1 \text{ Bulto}$$

El lote en total se requiere 1 Bulto se azufre elemental para 1 Ha

2. Cloruro de Potasio.(KCl)

En 1 Bulto KCl de 50 Kg contiene:

N	P	K
0	0	60

Sí 100 Kg presenta 60 Kg de K₂O en la realidad, Por lo cual:

$$KCl = \frac{100 \text{ Kg}}{60 \text{ Kg}} = 1,667 \text{ Factor KCl}$$

Entonces:

$$KCl = \left(251 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}}\right) * (1,667) = 418,1667 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}}$$

Número de Bultos

$$KCl = \frac{(418.1667 \text{ Kg})}{(1 \text{ Bulto}/50 \text{ Kg})} = 8,36 \text{ Bultos} \cong 9 \text{ Bultos}$$

El lote en total se requiere de 9 Bultos de Cloruro de Potasio para 1 Ha

3. Amonio Fosfatado. $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

En 1 Bulto de 50 Kg contiene

N	P	K
18	46	0

Sí 100 Kg presenta 48 Kg de P_2O_5 y 18 kg de N en la realidad, Por lo cual:

$$\text{Amonio Fosfatado} = \frac{100\text{Kg}}{46\text{Kg}} = 2,17 \text{ Factor}$$

Entonces:

$$\text{Amonio Fosfatado} = \left(177 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}}\right) * (2,17) = 384 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}} \text{ P}_2\text{O}_5$$

$$\text{Además, aporta el 18\% de nitrógeno: } (384 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}} \text{ P}_2\text{O}_5) * (0,18) = 69,12 \text{ Kg de N}$$

Número de Bultos

$$\text{Amonio Fosfatado} = \frac{(384 \text{ Kg})}{(1 \text{ Bulto}/50 \text{ Kg})} = 7,68 \text{ Bultos} \cong 8 \text{ Bultos}$$

El lote en total se requiere 7 Bultos se Amonio Fosfatado para 1 Ha

4. Nitrato de Amonio. NH_4NO_3

1 Bulto de 50 Kg contiene

N	P	K
35	0	0

Sí 100 Kg presenta 35 Kg de N en la realidad, Por lo cual:

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 = \frac{100\text{Kg}}{35\text{Kg}} = 2,85 \text{ Factor NH}_4\text{NO}_3$$

Como el abono Amonio fosfatado aporta el 18% de Nitrógeno, por lo que se le resta al requerimiento inicial y luego por el producto del factor del fertilizante, Entonces:

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 = \left(131,3 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}} - 69,12 \text{ Kg}\right) * (2,85) = 176,4 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}}$$

Número de Bultos

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 = \frac{(176,4 \text{ Kg})}{(1 \text{ Bulto}/50 \text{ Kg})} = 3,52 \text{ Bultos} \cong 4 \text{ Bultos}$$

El lote en total se requiere de 4 Bultos de Nitrato de Amonio para 1 Ha

El elemento calcio no se tiene en cuenta por lo que es incluido en las enmiendas para la corrección del suelo³⁰⁵, y junto con el magnesio, por presentar altas

³⁰⁵ Montenegro, 2003, OP CIT.

reservas por lo general en la mayoría de los lotes y no desbalancear los niveles de la relación Ca/Mg, Mg/K, (Ca + Mg)/K.³⁰⁶

Para el cálculo de todos los lotes, se utilizó la herramienta Microsoft Excel®, para la facilidad del cálculo de los datos (Ver Archivo: 3.Formulas de Fertilización, Allium cepa L.)

Literal II. Optimización del Magnesio.

Sadeghian,³⁰⁷ considera que los contenidos muy altos de Ca⁺² y Mg⁺² disminuyen la absorción del K⁺¹ y que los niveles elevados de K⁺¹ pueden llegar a agravar la deficiencia de Mg⁺². Pese a lo expuesto se debe resaltar que las plantas tienen una capacidad de adaptación bastante grande y solo en condiciones de relaciones extremas serían afectadas en su crecimiento. Dado lo anterior, se relaciona en la tabla 26, los rangos adecuados de los cationes intercambiables para las plantas y en la tabla 27, los resultados de las relaciones catiónicas de cada uno de los lotes a usar.

Tabla 26. Clasificación general de los cationes intercambiables, rangos ideales para el desarrollo de todas las plantas.

Relación	Ideal	Deficiencias de K
Mg/K	3	Mayor de 18
Ca/K	6	Mayor de 30
(Ca+Mg)/K	10	Mayor de 40
Ca/Mg	2-4	

Tomado de: (Salamanca, 1990 citado por Sadeghian, 2012)

Tabla 27. Relaciones catiónicas intercambiables de cada uno de los suelos en estudio, Choachí.

Lote	Vereda	Ca/Mg	Mg/K	(Ca + Mg)/K
La Enramada	El Hato	4	6	29
El Parejo	El Hato	4	3	6
El Alto	Quiuza	3	5	19
La Meseta	Quiuza	3	4	15
El Plan	Maza	8	2	14
Los Manzanos	Maza	9	2	17
San Juan	La Llanada	4	2	8
Alto de la Cruz	La Llanada	11	3	36
Tres Esquinas	Chatasuga	8	1	10
Venecia	Chatasuga	0.2	10.17	12

Valores resaltados equivale a rangos a corregir.

³⁰⁶ Díaz et al, 2009, OP CIT.

³⁰⁷ Sadeghian, 2012, OP CIT.

Las relaciones catiónicas en general se encuentra en rangos adecuados, para cada uno de los lotes, conforme a las consideraciones generales para interpretar análisis de suelos IGAC.³⁰⁸

Literal III. Enmiendas.

Con base en los resultados de pH expuesto en la tabla 28 " Relaciones catiónicas intercambiables de cada uno de los suelos en estudio, Choachí."; se estipuló las enmiendas para corregir el pH del suelo de los lotes

Tabla 28. Índices de pH para los suelos en estudio.

Lote	Vereda	PH
La Enramada	El Hato	5,65
El Parejo	El Hato	4,63
El Alto	Quiuza	5,15
La meseta	Quiuza	6
El Plan	Maza	5,6
Los Manzanos	Maza	5,06
San Juan	La Llanada	4,68
Alto de la cruz	La Llanada	5,76
Tres Esquinas	Chatasuga	4,6
Venecia	Chatasuga	4,5

Con base en las recomendaciones del ICA³⁰⁹, para aquellos suelos que contengan un PH inferior a 5, se debe aplicar 1500 Kg/Ha de Cal Agrícola para subir el PH y este sería el caso de los lotes de El Parejo, San Juan, Tres Esquinas y Venecia.

³⁰⁸ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO,(ICA). (1992). Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica, (25).

³⁰⁹ IBID.

C. CANTIDAD DE INSUMOS DEL PRIMER DIAGNOSTICO DE FERTILIZACIÓN PARA EL CULTIVO DE CEBOLLA BULBO (*Allium cepa* L.)

En la tabla 29, se condensa la cantidad total de fertilizante por bultos necesarios en cada lote:

Tabla 29. Consenso General de la Cantidad de Fertilizantes para los lotes en estudio del municipio de Choachí

Lote/Fertilizante	Vereda	FERTILIZANTES EN BULTOS				
		Azufre Elemental	Cloruro de Potasio	Amonio Fosfatado	Nitrato de Amonio	
La Enramada	El Hato	0,5	8,4	7,7	4,0	
El Parejo	El Hato	1,0	6,7	3,0	-0,3	
El Alto	Quiuza	2,0	7,7	1,3	0,2	
La Meseta	Quiuza	2,0	11,0	0,4	1,0	
El Plan	Maza	1,3	10,4	4,0	-1,5	
Los Manzanos	Maza	2,0	7,5	2,5	0,1	
San Juan	La Llanada	2,0	14,0	0,3	2,1	
Alto de la Cruz	La Llanada	2,0	5,7	0,6	1,0	
Tres Esquinas	Chatasuga	2,0	14,0	2,0	2,9	
Venecia	Chatasuga	2,0	6,1	0,6	0,4	
Total	Sumatoria Σ	16,8	91,6	22,4	11,5	
	Promedio		1,7	9,2	2,2	1,0

Valores en rojo = Representa la cantidad que de algún u otro modo no se tiene en cuenta por presentar valores negativos, por lo cual, se sobre entiende que la cantidad ya ha sido incorporada.

Con base en el Archivo: 3.Formulas de Fertilización, Allium cepa L. (Excel), los requerimientos de fertilizantes por lote en promedio son de: 58,5 kg*Ha⁻¹ de azufre elemental, 458 kg*Ha⁻¹ de cloruro de potasio, 109,3 kg*Ha⁻¹ de amonio fosfatado y 45,5 kg*Ha⁻¹ de nitrato de amonio; para un total de 1,7; 9,2; 2,2 y 1 bultos*Ha⁻¹, respectivamente. Véase tabla anterior (Tabla 12.).

ANEXO ESPECIAL

VALOR PRESUPUESTAL DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Para la formulación de recomendaciones y adopción de tecnologías de fertilización, se requiere de la evaluación del impacto económico de la tecnología de fertilización para la producción de cebolla bulbo (*Allium cepa* L.) en el municipio de Choachí (Cundinamarca)³¹⁰. Por consiguiente, los datos económicos de un productor promedio de cebolla en Choachí, fueron tomados del paquete tecnológico: *Mejoramiento de las técnicas de cultivo de cebolla bulbo en pequeños productores organizados en el municipio de Choachí, Cundinamarca, 2015*³¹¹. Los valores de este diagnóstico de fertilización fueron resaltados con valores económicos tomados en la fecha de Febrero 24 del 2016. Registrados todos a continuación:

PRESUPUESTO PARCIAL

- ✓ *Precio de Compra Cebolla Bulbo (CORABASTOS³¹²): \$ 160.000 por carga.*
- ✓ *Bulto de Azufre elemental (40 kilos): \$ 90.000*
- ✓ *Bulto de Cloruro de Potasio (50 kilos): \$ 70.000*
- ✓ *Bulto de Amonio fosfatado - DAP (50 kilos): \$ 85.000*
- ✓ *Bulto de Nitrato de Amonio (50 kilos): \$ 70.000*

Fecha de Cotización
Localidad Choachí.
Febrero 24/ 2016

³¹⁰ Rodríguez, B.; et al. 2013. IMPACTO AGROECONOMICO DE TECNOLOGÍAS DE FERTILIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE CEBOLLA EN LA PLANICIE LACUSTRINA DE CARABOBO. Sociedad Venezolana de la ciencia del suelo. 29 Noviembre/13. Total pag, 6.

³¹¹ Clavijo, A.; Mejía Henry & Contreras Juan. 2015. Mejoramiento de las técnicas de cultivo de cebolla bulbo en pequeños productores organizados en el municipio de Choachí, Cundinamarca; Paquete Tecnológico. Gobernación de Cundinamarca, ACAC, FUNCAHUM, Año de Publicación.

³¹² Consenso de Precios Corabastos Bogotá. Fecha de Consulta: Feb-24/16.
<http://www.corabastos.com.co/sitio/historicoApp2/reportes/BoletinDescarga.php>

Tabla 30. Precio Costo del Fertilizantes por productor.

Fertilizante en Bulto	Primera Aproximación		Paquete Tecnológico ³¹³	
	Cantidad/Ha	Precio	Cantidad/Ha	Precio
Azufre Elemental	2	\$ 180.000	1	\$ 90.000
Cloruro de Potasio	9	\$ 630.000	6	\$ 420.000
Amonio Fosfatado	2	\$ 170.000	5	\$ 425.000
Nitrato de Amonio	1	\$ 70.000	4	\$ 280.000
Total	14	\$ 1.050.000	16	\$ 1.215.000

Mano de Obra: Se requiere 12 Jornales por hectárea para realizar la fertilización en campo. Valor Jornal \$ 30.000. Total \$ 360.000.

Tabla 31. Estimación de los beneficios netos de tecnologías de fertilización para la producción de cebolla bulbo en Choachí.

VARIABLES	PRIMERA APROXIMACIÓN	PAQUETE TECNOLÓGICO ³¹⁴
Rendimiento	35 Ton/Ha	25 Ton/Ha
BENEFICIO BRUTO \$	\$ 56.000.000	\$ 40.000.000
Costo del Fertilizante	\$ 1.050.000	\$ 1.216.000
Costo Mano de Obra	\$ 360.000	\$ 360.000
COSTOS VARIABLES	\$ 1.410.000	\$ 1.575.000
BENEFICIOS NETOS	\$ 54.590.000	\$ 38.425.000
Diferencia	\$ 16.165.000	

BENEFICIO BRUTO = Rendimientos Ton/Ha * Precio Cebolla

COSTOS VARIABLES = Costos del Fertilizante + Costos Mano de Obra

BENEFICIOS NETOS = Beneficio Bruto – Costos Variables

³¹³ Clavijo, A, Mejía H & Contreras J.2015. OP CIT

³¹⁴ IBID.

CONCLUSIONES

- Por lo general, los suelos en estudio del municipio de Choachí son de clase textural arcillo-limosa, con pendientes entre los 12 - 25 % como clasificación D, y otros con pendientes entre los 25 - 50% con clasificación E, caracterizado en el lote El Alto, de la vereda Quiuza.
- Es necesario la aplicación de fuentes orgánicas, debido a los niveles de la materia orgánica, medios a bajos, especialmente para la vereda de Chatasuga.
- Los lotes presentan niveles bajos en la concentración de sodio y reportes bajos en la conductividad eléctrica, lo equivalente a que el cultivo de cebolla bulbo no presentará estrés por salinización.
- Las relaciones catiónicas K+1, Ca+2 y Mg+2; se encuentra en rangos adecuados, conforme a las consideraciones generales para interpretar análisis de suelos estipulados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Las enmiendas estipuladas para los lotes El Parejo, San Juan, Tres Esquinas y Venecia requieren de 1500 kilogramos por hectárea de Cal Agrícola para subir y corregir el PH en los lotes mencionados.
- Se requiere por lote en promedio de: 58,5 kg*Ha-1 de azufre elemental, 458 kg*Ha-1 de cloruro de potasio, 109,3 kg*Ha-1 de amonio fosfatado y 45,5 kg*Ha-1 de nitrato de amonio para los lotes en estudio del municipio de Choachí.
- Se requiere en promedio de 1,7 bultos (bulto de 40 Kg) de azufre elemental; 9,2 bultos (bulto de 50 Kg) de cloruro de potasio, 2,2 bultos (bulto de 50 Kg) de Amonio fosfatado y 1 bultos (bulto de 50 Kg) de nitrato de amonio, por hectárea, para los lotes en estudio del municipio de Choachí.
- Las relaciones de los elementos nutricionales y sus funciones en las distintas gráficas, presentan esas relaciones debido a que se desconocen las condiciones o parámetros con los que se desarrollaron los estudios postulados por los diferentes autores citados.
- Los requerimientos nutricionales para cebolla bulbo (*Allium cepa* L.), obtenidos en los análisis matemáticos, realizados a los datos de fertilidad citados son de **N**: 30, **P**: 1, **K**: 18, **Mg**: 3 y **S**: 38 en kilogramos, para una producción de 35 ton/Ha; por lo cual, este parámetro es asumido como base para los inicios de estudio en campo y ensayos experimentales.
- Para la fecha estimada a Febrero 24/16, la primera aproximación del diagnóstico de fertilización para cebolla bulbo, tiene beneficios netos de \$ 54'590.000; a comparación, del paquete tecnológico que presenta beneficios netos de \$ 38'425.000. Lo que presentaría un diferencia neta de transferencia de tecnología en \$ 16'165.000 Mcte colombiana, valor de más, que ganaría un productor cebollero en el municipio de Choachí.

RECOMENDACIONES

- En primera medida, los datos obtenidos en este trabajo deben ser llevados y analizados en campo, dado que los parámetros obtenidos son la resultante en los análisis matemáticos entre los autores citados, por tal motivo, se estipula la continuación de este estudio en campo, como segunda parte referente a otro trabajo de grado.
- Se deben realizar análisis foliares, en forma seriada, para poder determinar los requerimientos nutricionales del bulbo, de las hojas y de la planta completa.
- Es importante conocer el balance de nutrientes de los lotes en que se está trabajando, dado que estos balances se relacionan con la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo de cebolla bulbo.
- La fertilización del cultivo, debe manejarse en función de la información existente y asociarse con otras prácticas de manejo de suelos, además de los cultivos que preservan y mejoran la sostenibilidad y calidad del recurso suelo (rotaciones, siembra directa, implantación de coberturas, manejo integrado de plagas y enfermedades, BPA, etc.).
- La eficiencia del uso de los nutrientes y sus expresiones no deben confundirse con el manejo efectivo de los nutrientes; por lo cual, eficiencias elevadas pueden ser alcanzadas por adecuación de las dosis, que a su vez, junto con el cuidado de los recursos naturales renovables, aumentan la rentabilidad de los cultivos con el tiempo.
- Se debe tener en cuenta que para lograr este trabajo es necesario la aplicación de buenas prácticas de manejo agrícolas: dosis correcta, fuente adecuada, tiempo de aplicación, y ubicación correcta del fertilizante. La combinación de estos cuatro factores permite alcanzar rendimientos elevados, maximizar la eficiencia de uso de los nutrientes beneficiando la calidad de producción, el precio de venta y aumentando las cantidades finales producida por lote, lo que favorece a los productores y a toda la comunidad productora de cebolla en el municipio de Choachí.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA MUNICIPAL DE CHOACHÍ, Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT); 2008 – 2011. 144 pág. Contenido; usos del suelo. [Citas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 221, 222, 223, 224]

GUANGASI, T., & EDUARDO, L. (2012). EVALUACIÓN DE FOSFITOS POTÁSICOS (Fitoalexin y Atlante) EN LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa*). [Citas: 16, 17, 18, 19, 20,22,24,25,27, 28,32,33,34,35,36,37,38,39,116,117]

ASOHOFrucol, Fondo Nacional de Fomento Hortícola (FNFH), SENA, 2006. Mejoramiento de la competitividad de la cebolla de bulbo en el departamento de Cundinamarca, a través de la producción limpia, tecnologías de curado y almacenamiento. [Citas: 18,21,23, 26,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55]

TAIPE RIERA, E. P. (2012). Evaluar el desarrollo de tres especies vegetales brócoli (*brassica oleracea*), cebolla de bulbo (*allium cepa* L.), zanahoria (*daucus carota* L.) aplicando los principios de rotación en el manejo técnico. Salache (Ceypsa)-Latacunga. [Citas: 29,31]

DUIOPS© 1997-2009. Los Prótidos. Citado el 11-Nov/15, http://www.duiops.net/seresvivos/celula_morfo_prot.html [Citas: 30]

COMPOEXPT® FOR GROWTH; Programa de fertilización de ajos y cebollas. Fertilización foliar y suelos. Febrero 2010. [Citas: 40,238,273]

GUERRERO B. I, Y SALAZAR D. W; 2010. Respuesta del cultivo de cebolla perla (*Allium cepa* L) a la fertilización química orgánica bajo riego por goteo. Universidad Técnica De Manabí, Facultad de ingeniería Agronómica. Santa Ana, Manabí, Ecuador. [Citas: 41, 239]

MCA-Honduras/EDA; L. R.2007. Manual de producción, el cultivo de la cebolla. Programa de entrenamiento y desarrollo de agricultores (EDA), cuenta del desafío del milenio de Honduras (MCA- Honduras). Mayo. [Citas: 42,240,294]

NUTRIMON®. Informativo Productivo N° 1. Fertilización de la Cebolla Cabezona. 1era edición, I diciembre, 2006. [Citas: 43, 241, 295]

HORNECK, D.A. 2004. Nutrient Management for Onions in the Pacific Northwest. Better crops with Plant Food 88 (1): 14 – 16. [Citas: 44, 242, 296]

SMART-FERTILIZER®, Enfermedades de las plantas y nutrición mineral, Citado: 28/Feb-16. <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/plant-disease-mineral-nutrition>. [Citas: 45]

PINZÓN, H. (2011). Los cultivos de cebolla y ajo en Colombia: estado del arte y perspectivas. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 3(1), 45-55. [Citas: 56]

SEMINIS®. Guía de la enfermedad de la cebolla, Enfermedades Bacterianas. <https://www.seminis.com/global/es/growerresources/Documents/guias%20enfermedades/GUIA%20ENFERMEDAD%20CEBOLLA.pdf> [Citas: 57, 58, 59, 60]

LORA, S. RODRIGO. 2003. Las propiedades químicas del suelo y su fertilidad. Pág 31; Manejo Integral de la fertilidad del suelo. 1era Edición, 230 Pág; Publicación de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo (SCCS); Bogotá, D.C., Colombia [Citas: 61, 62, 63]

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. 1988. Manual de fertilidad de los suelos. 1ª. Impresión en español. Potash & Phosphate Institute. Norcross, Georgia, USA. 85 p. [Citas: 64,65,66,67,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,103,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,121,165,168,169,170,171,172,173,174,176,253,269,299]

ESPINOSA J, & MOLINA E. 1999.ACIDEZ Y ENCALADO DE LOS SUELOS Primera Edición. International Plant Nutrition Institute Casilla 17-17-980 Quito - Ecuador.Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica Apartado 2060-1000 San José - Costa Rica International Plant Nutrition Institute. [Citas: 68,69]

GARCÍA-SERRANO, P., RUANO, S., MAROTTA, J., & NOGALES, M. (2010). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Parte I. Gobierno de España. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España. [Citas: 70,71,102,104,120,122,123,172,248,254,257,264,267]

Marveggio, A. Fosfito de potasio, un nuevo concepto en sanidad y fertilización. Consulta realizada: 26/Feb-2016. <http://agrotemario.com/noticia/936/fosfito-de-potasio-un-nuevo-concepto-en-sanidad-y-fertilizacion>. [Citas: 115, 118, 119]

SADEGHIAN, S. (2012). *Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera co-lombiana sobre la nutrición de café (Coffea arabica L.) en la etapa de almácigo* (Doctoral dissertation, Tesis en opción al grado científico de Doctorado en Ciencias Agropecuarias-Área Agraria, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia). [Citas: 124,126,127,128,129,130, 131,132,134,135,136,137,138,139,140, 143,145, 146,148,154,156,268,271,279,282,289,291,307]

MONGE, E., VAL, J., SANZ, M., BLANCO, A., & MONTAÑES, L. (1994). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. *INSTITUCIÓN «FERNANDO ELCATÓLICO»*,Pag 189. [Citas: 133,141,142,144,280]

SMART-FERTILIZAR®, (2015). El Magnesio en el suelo y plantas. Citado el 17-Nov/2015: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/magnesium>. [Citas: 147,150,152,153,158,163,286]

COMPO-EXPERT®, (2013). El magnesio: nutriente esencial en la producción de frutales y cultivos. Citado el 17-Nov/2015: http://www.compo-expert.com/fileadmin/user_upload/compo_expert/cl/documents/Art%C3%ADculo_Compo_RA58_fin_al.pdf [Citas: 151,155,157,159,160,161,162,164,288]

SMART-FERTILIZAR®, (2016). El azufre en plantas y suelo. Citado el 16-Dic/2015: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/azufre>. [Citas: 166, 167, 175]

PEÑA, C., AÑEZ, B., & DÁVILA, M. (1999). Respuesta de la cebolla (*Allium cepa*) a la aplicación de azufre, magnesio, zinc y boro en un suelo alcalino. *Rev. Forest. Venez.*, 43(2), 173-182. [Citas: 177, 178]

MONTENEGRO, G. HUGO. 2003. Propiedades física de los suelos en relación con la fertilidad. Pág 3; Manejo Integral de la fertilidad del suelo. 1era Edición, 230 Pág; Publicación de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo (SCCS); Bogotá, D.C., Colombia [Citas: 179,180,298,305]

RODRÍGUEZ, O., & RODRÍGUEZ, V. (2000). Documento: Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Una revisión. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17(6). [Citas: 181,182,183,184, 237,243,244,245,250,251,252,274,285,300]

MELÉNDEZ, G. & MOLINA E. 2001. Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica. Memoria. Universidad de Costa Rica, centro de investigaciones agronómicas, Laboratorio de suelos y foliares. Agosto [Citas: 185, 297]

MELÉNDEZ, G., MOLINA E., 2003. Fertilizantes: características y manejo. En: Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica CIA, CATIE, (Ed.), Fertilizante: Conceptos básicos y definiciones, San José, C.R., pp. 20 – 64 [Citas: 186, 187,188, 189,190,191,192,193]

CIAMPITTI, I. A., & GARCÍA, F. O. (2008). Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. *R. Horiz. A*, 18, 22-28. [Citas: 194, 195,196,197,198,199,200,201, 202,203,204, 205]

IPNI ,INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE: consultado enero, 2016. Boletín n° 17. Fuente de Nutrientes específicos, Fosfato Diamónico: [https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/3D71CA0246B0EA8E85257BBA0059CD97/\\$FILE/NSS-ES-17.pdf](https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/3D71CA0246B0EA8E85257BBA0059CD97/$FILE/NSS-ES-17.pdf) [Citas: 206,207, 208, 209,210, 211,212,213,214,215,216,217,218,219,220]

IGAC, 2015. Laboratorio de Suelos. ¿Cómo realizar la toma de muestras para suelos?. Consulta realizada en Marzo/2015: Guía de recomendaciones para la toma de muestras para análisis del laboratorio nacional de suelos. http://www.igac.gov.co:10040/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/tramites!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hHT3d_JydDRwN3t0BXAO_vUKMwf28PI4NQI_2CbEdFAJ67Ncc!/?WCM_P_ORTLET=PC_7_AIGOB1A08AGF0ISG6J8NS3000_WCM&WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Web++Tramites+y+Servicios/Servicios/Servicios/Laboratorio+de+Suelos/ [Citas: 225]

IMÁGENES DE GOOGLE MAPS. Imágenes © 2015 DigitalGlobe, Datos del mapa © 2015 Google. <https://www.google.com.co/maps/@4.5401827,-73.9128801,6440m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?hl=es-419> [Citas: 226]

ARROYAVE QUEVEDO, D. J., & GUZMÁN CELEMÍN, D. M. (2015). Propuesta metodológica para el desarrollo de estudios agrologicos en Colombia. [Citas: 227,228,229,230,231,232]

JARAMILLO, D. F. J. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. [Citas: 233, 235]

FAO. Materia Orgánica. Consulta realizada: 28/Febrero/ 2016. http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/ba/organic_matter.pdf [Citas: 234]

RODRÍGUEZ, M., SALAZAR, J. B., & SALAZAR, G. B. (2011). NORMAS DE DIAGNOSTICO (DRIS) PARA LA FERTILIZACIÓN DE LAS PRADERAS PERMANENTES. *Pastos*, 111-119. [Citas: 236]

KALRA, Y. (ED.). (1997). *Handbook of reference methods for plant analysis*. CRC Press.jueves, 5 de noviembre de 2015 [Citas: 246,247,261,275,276,287]

CANAVOS, G. C. (1988). Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos. *Editorial McGraw-Hill. México*. [Citas: 249,258,272,278,283]

CANNA©.2016. Interacciones entre nutrientes. /Home » Info de cultivo » Interacciones entre nutrientes, Citado el 4-Ene/16. http://www.canna.es/interacciones_entre_nutrientes [Citas: 255,256,259,260,262,263,265,270,290,292]

RUIZ, R., & ESCAFF, M. (1992). Nutrición y Fertilización de la cebolla. *Primer Curso-Taller de Cebollas1*, 992, 29-38. [Citas: 266,293,302]

SADEGHIAN, S. (2004). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos cultivados [Citas: 277, 284]

DÍAZ, M. I. H., LAFFITA, M. C., PLACERES, V. M., VELOZ, A. O., PULIDO, J. M. S., & GUERRERO, O. B. (2009). Relaciones nitrógeno potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo Ferralítico Rojo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(5), 429-436. en café. [Citas: 281,306]

ECHEVERRI, J. G. M.SC. 2006. calculo de necesidades de fertilizaciones pastos, universidad de Antioquia, facultad de ciencias agrarias, escuela de producción agropecuaria, manejo y utilización de pastos y forrajes 5007- 180.Medellin [Citas: 301,303]

TRIANA, D.P. M., SILVA, R. L., GOMEZ, M. I., & PEÑALOZA, G. (Eds.). (2003). *Manejo integral de la fertilidad del suelo*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. [Citas: 304]

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, (ICA). (1992). Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. *Manual de Asistencia Técnica*, (25). [Citas: 308, 309.]

RODRÍGUEZ, B.; ET AL. 2013. IMPACTO AGROECONOMICO DE TECNOLOGÍAS DE FERTILIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE CEBOLLA EN LA PLANICIE LACUSTRINA DE CARABOBO. Sociedad Venezolana de la ciencia del suelo. 29 Noviembre/13. Total pag, 6. [Citas: 310]

CLAVIJO, A.; MEJÍA HENRY & CONTRERAS JUAN. 2015. Mejoramiento de las técnicas de cultivo de cebolla bulbo en pequeños productores organizados en el municipio de Choachí, Cundinamarca; Paquete Tecnológico. Gobernación de Cundinamarca, ACAC, FUNCAHUM, Año de Publicación. [Citas: 311]

CONSENSO DE PRECIOS CORABASTOS BOGOTÁ. Fecha de Consulta: Feb-24/16. <http://www.corabastos.com.co/sitio/historicoApp2/reportes/BoletinDescarga.php> [Citas: 312]

ANEXOS

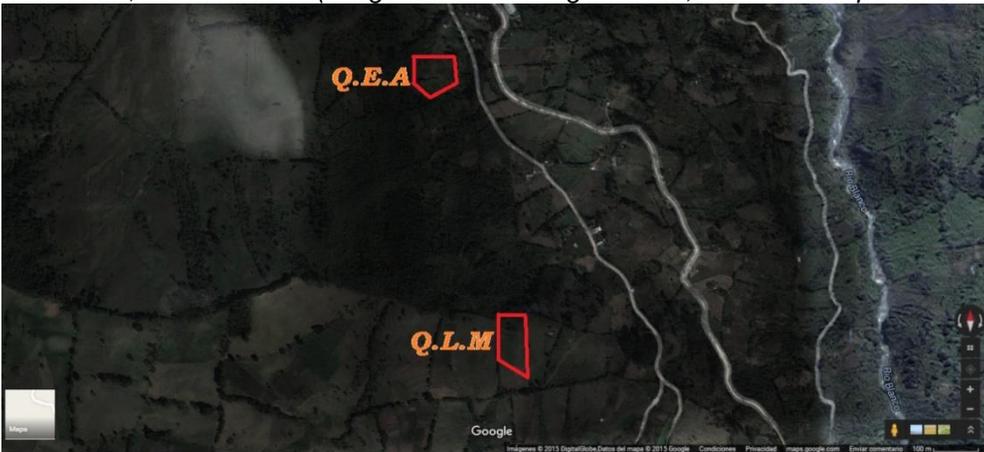
Tabla 1A. Información recolectada en las áreas de estudios en el municipio de Choachí (Cundinamarca)

	Productor 1	Productor 2	Productor 3	Productor 4	Productor 5	Productor 6	Productor 7	Productor 8	Productor 9	Productor 10																																								
Fecha	2015-03-04	2015-03-05	2015-03-05	2015-04-09	2015-03-06	2015-03-06	2015-04-09	2015-03-09	2015-03-10	2015-04-09																																								
Vereda	El Hato	El Hato	Quiuza	Quiuza	Maza	Maza	La Llanada	La Llanada	Chatasuga	Chatasuga																																								
Finca	San Alfonso	Los Cerezos	Los Toquines	Quiuza	Maza	Alto de los Locos	Los Curos	El Placer	Venecia	Venecia																																								
Lote	La Enramada	El Parejo	El Alto	La Meseta	El Plan	Los Manzanos	San Juan	Alto de la Cruz	Tres Esquinas	Venecia																																								
Productor	Gabriel Rodríguez	José Martínez	Domingo Mora	Carlos Díaz	Orlando Amorteguí	Manuel Torres	Juan Amórtegui	Gloria Rodríguez	Nelson Sánchez	Pedro Sánchez																																								
GPS	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°57'6 8"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°92' 67"</td> </tr> </table>	N	4°57'6 8"	W	- 73°92' 67"	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°57'5 2"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°92' 45"</td> </tr> </table>	N	4°57'5 2"	W	- 73°92' 45"	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°62'4 3"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°96' 54"</td> </tr> </table>	N	4°62'4 3"	W	- 73°96' 54"	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°33'34, 1"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°55'21 ,9"</td> </tr> </table>	N	4°33'34, 1"	W	- 73°55'21 ,9"	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°34'36, 3"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°54'19 ,9"</td> </tr> </table>	N	4°34'36, 3"	W	- 73°54'19 ,9"	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°34'01"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°53'54 ,3"</td> </tr> </table>	N	4°34'01"	W	- 73°53'54 ,3"	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°34'36, 3"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°54'44 ,3"</td> </tr> </table>	N	4°34'36, 3"	W	- 73°54'44 ,3"	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°34'54, 9"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°54'33 ,5"</td> </tr> </table>	N	4°34'54, 9"	W	- 73°54'33 ,5"	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°36'58, 9"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°53'48 ,5"</td> </tr> </table>	N	4°36'58, 9"	W	- 73°53'48 ,5"	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>N</td> <td>4°36'57, 5"</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>- 73°53'79 ,4"</td> </tr> </table>	N	4°36'57, 5"	W	- 73°53'79 ,4"
N	4°57'6 8"																																																	
W	- 73°92' 67"																																																	
N	4°57'5 2"																																																	
W	- 73°92' 45"																																																	
N	4°62'4 3"																																																	
W	- 73°96' 54"																																																	
N	4°33'34, 1"																																																	
W	- 73°55'21 ,9"																																																	
N	4°34'36, 3"																																																	
W	- 73°54'19 ,9"																																																	
N	4°34'01"																																																	
W	- 73°53'54 ,3"																																																	
N	4°34'36, 3"																																																	
W	- 73°54'44 ,3"																																																	
N	4°34'54, 9"																																																	
W	- 73°54'33 ,5"																																																	
N	4°36'58, 9"																																																	
W	- 73°53'48 ,5"																																																	
N	4°36'57, 5"																																																	
W	- 73°53'79 ,4"																																																	
Altura (msnm)	1981	1982	2085	2100	1497,84	2205	1889	1258,4	2105	2119																																								
Área del Lote	10.000 m ²	10.000 m ²	10.000 m ²	10.000 m ²	10.000 m ²	10.000 m ²	10.000 m ²	10.000 m ²	10.000 m ²	10.000 m ²																																								
Pendie. (%)	21,3	16	31	19	14	13,8	14,2	11,9	21,66	18,5																																								

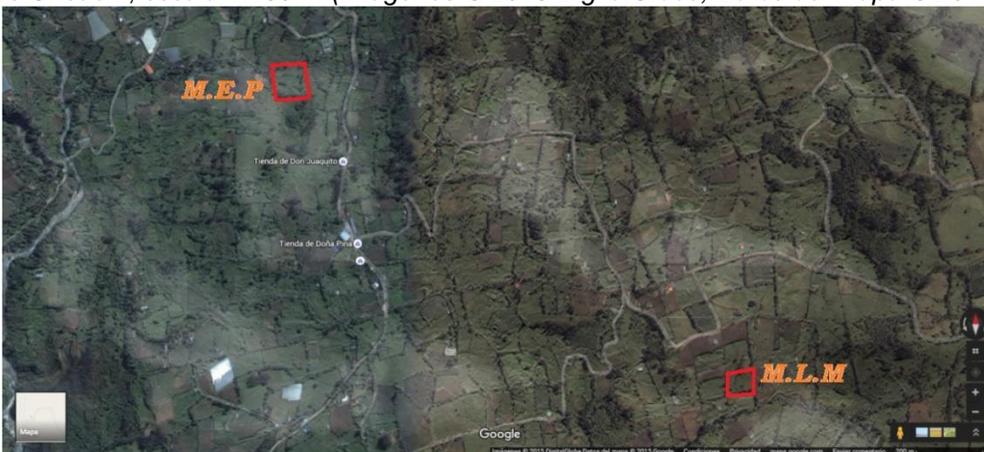
MAPAS



Mapa 2. Ubicación de los lotes en la vereda el Hato: H.L.E = Hato-La Enramada, H.E.P = Hato-El Parejo; municipio de Choachí, escala 1:50 m (Imágenes © 2015 DigitalGlobe, Datos del mapa © 2015 Google.)



Mapa 3. Ubicación de los lotes en la vereda Quiuza: Q.E.A = Quiuza-El Alto, Q.L.M = Quiuza-La Meseta; municipio de Choachí, escala 1:100 m (Imágenes © 2015 DigitalGlobe, Datos del mapa © 2015 Google.)



Mapa 4. Ubicación de los lotes en la vereda Maza: M.E.P = Maza-El Plan, M.L.M = Maza-Los Manzanos; municipio de Choachí, escala 1:200 m (Imágenes © 2015 DigitalGlobe, Datos del mapa © 2015 Google.)



Mapa 5. Ubicación de los lotes en la vereda La Llanada: L.A.C = La Llanada-Alto de la Cruz, L.S.J = La Llanada-San Juan; municipio de Choachí, escala 1:100 m (Imágenes © 2015 DigitalGlobe, Datos del mapa © 2015 Google.)



Mapa 6. Ubicación de los lotes en la vereda Chatasuga: C.T.E = Chatasuga-Tres Esquinas, C.V = Chatasuga -Venecia; municipio de Choachí, escala 1:50 m (Imágenes © 2015 DigitalGlobe, Datos del mapa © 2015 Google.)

GRAFICAS

Grafico A. Índice N/Ca vs Producción Final

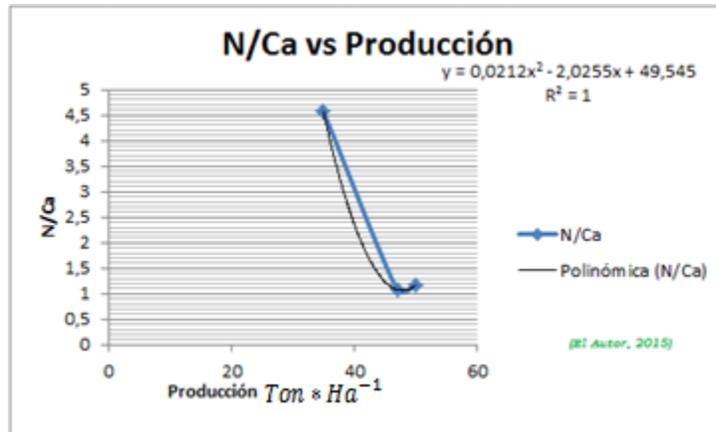


Grafico B. Índice N/Mg vs Producción Final

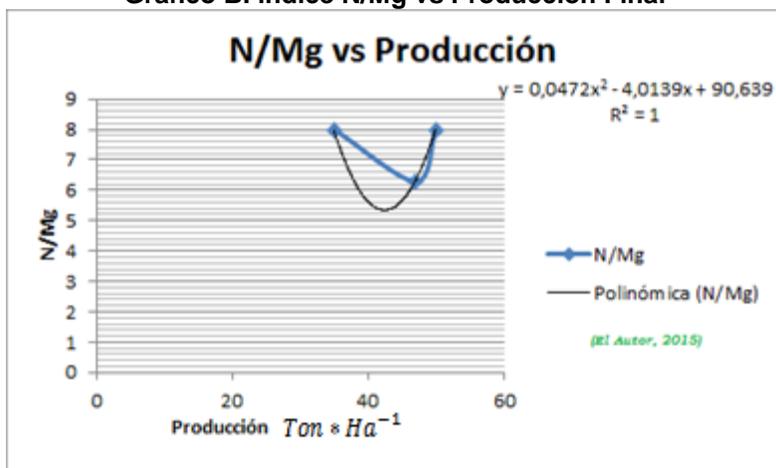


Grafico C. Índice P/Ca vs Producción Final

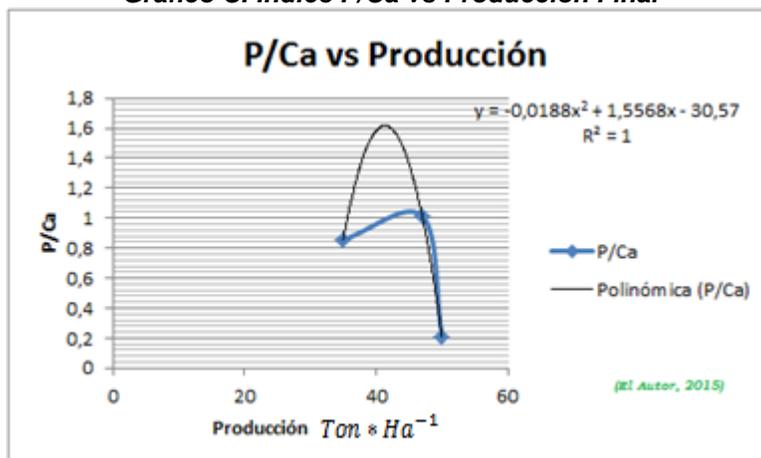


Grafico D. Índice P/Mg vs Producción Final

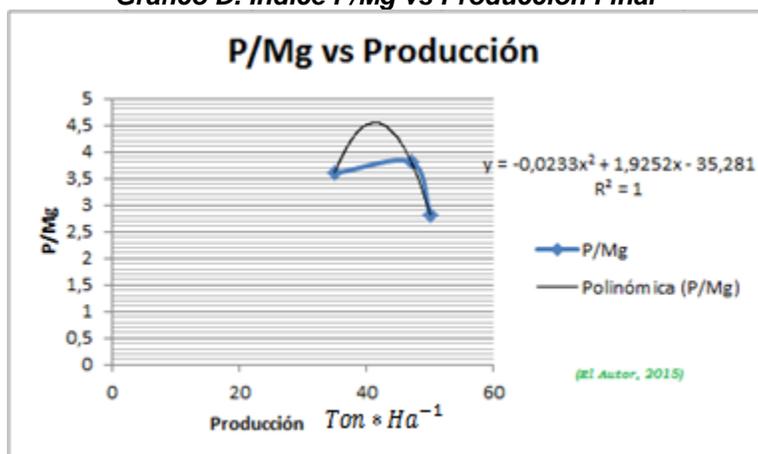


Grafico E. Índice K/Ca vs Producción Final

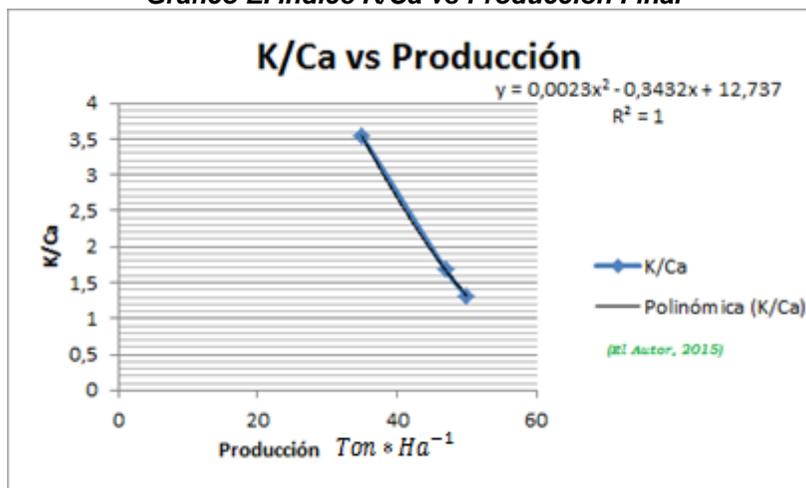


Grafico F. Índice K/Mg vs Producción Final

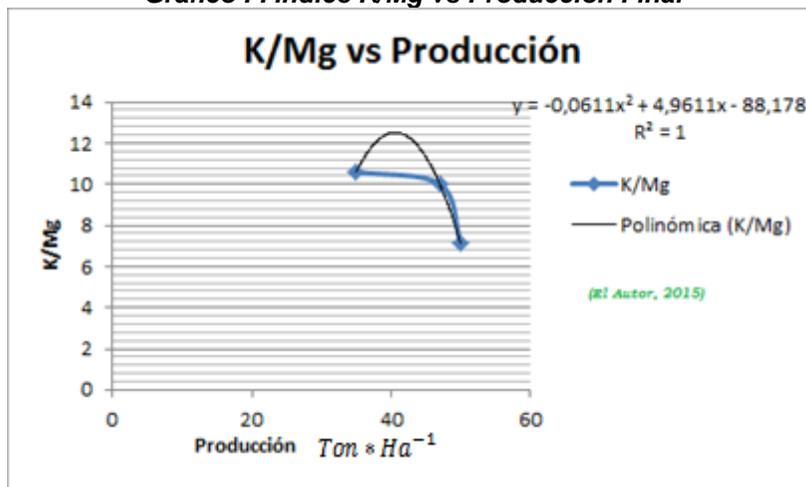


Grafico G. Índice Ca/N vs Producción Final

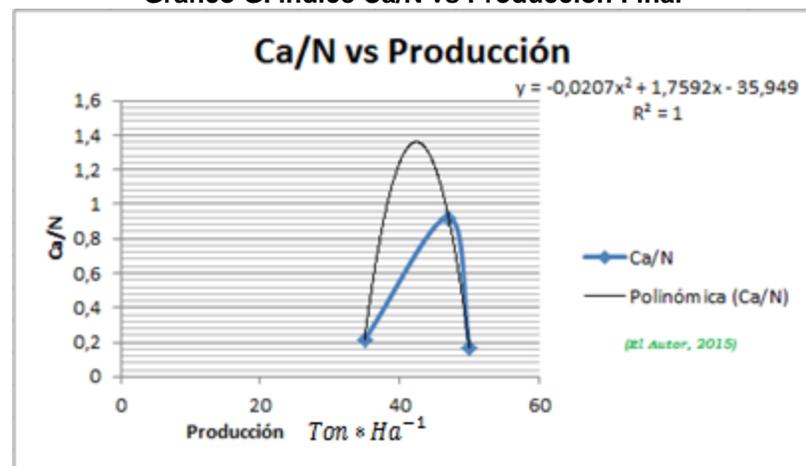


Grafico H. Índice Ca/P vs Producción Final

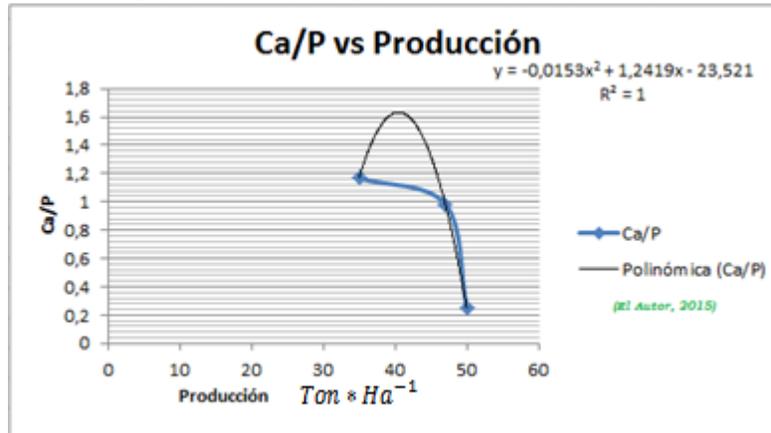


Grafico I. Índice Mg/P vs Producción Final

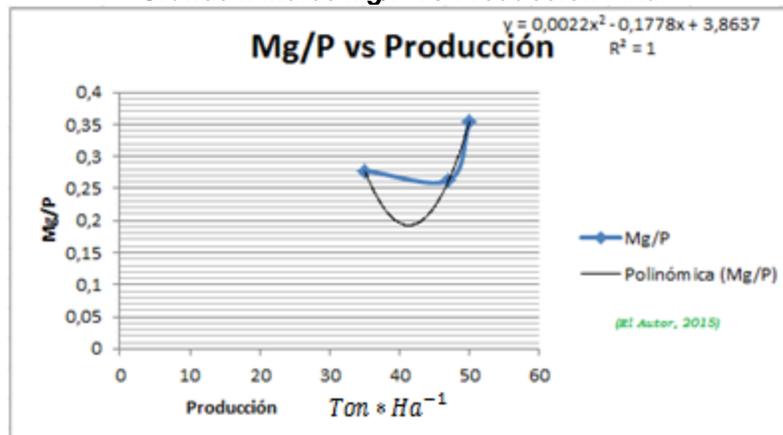


Tabla I. Datos generales de índices y requerimientos de los elementos nutricionales para cebolla bulbo (*Allium cepa* L.)

ELEMENTO	RELACIÓN A/B	RANGO			PRODUCCIÓN FINAL Ton/Ha		
		INTERVALO	Valor	Min/Max	35 Ton/Ha	47 Ton/Ha	50 Ton/Ha
N Nitrógeno	N vs Produ.	Máximo	120	1.06			
		Mínimo	128				
	N/P	Máximo	1.5	1.46			
		Mínimo	2.2				
	N/K	Máximo	0.8	0.93			
		Mínimo	0.75				
	N/Ca	Máximo	1.16	3.96			
		Mínimo	4.6				
	N/Mg	Máximo	8	0.78			
		Mínimo	6.3				
P Fósforo	P vs Produ.	Máximo	80	0.025			
		Mínimo	1.8				
	P/N	Máximo	0.66	0.68			
		Mínimo	0.45				
	P/K	Máximo	0.53	0.64			
		Mínimo	0.34				
	P/Ca	Máximo	0.20	4.25			
		Mínimo	0.85				
	P/Mg	Máximo	2.8	1.28			
		Mínimo	3.6				
K Potasio	K vs Produ.	Máximo	178	0.55			
		Mínimo	99				
	K/N	Máximo	1.13	1.15			
		Mínimo	1.3				
	K/P	Máximo	1.9	1.54			
		Mínimo	2.94				
	K/Ca	Máximo	1.31	2.69			
		Mínimo	3.53				
	K/Mg	Máximo	7.1	1.49			
		Mínimo	10.6				
Ca Calcio	Ca vs Produ.	Máximo	20	1.4			
		Mínimo	28				
	Ca/N	Máximo	0.17	1.29			
		Mínimo	0.22				
	Ca/P	Máximo	0.25	4.64			
		Mínimo	1.16				
	Ca/K	Máximo	0.56	0.53			
		Mínimo	0.3				
	Ca/Mg	Máximo	2.7	1.63			
		Mínimo	4.4				
Mg Magnesio	Mg vs Produ.	Máximo	15	0.1			
		Mínimo	0.5				
	Mg/N	Máximo	0.16	0.78			
		Mínimo	0.125				
	Mg/P	Máximo	0.35	0.74			
		Mínimo	0.26				
	Mg/K	Máximo	0.1	2.15			
		Mínimo	0.215				
	Mg/Ca	Máximo	0.19	1.21			
		Mínimo	0.23				

VEREDA QUIUZA

Tabla A. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote El Alto

ELEMENTO	RAS	DISPONIBILIDAD SUELO	REQUERIMIENTOS	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha	50 Ton/Ha	100 Ton/Ha
Simbolo	Meq/100 gramos	Total Kg/Ha	DEL CULTIVO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha
N	0,229571429	19,2	30	-10,8	-23,7	-66,6
P	0,223300971	27,6	1	26,6	26,17	24,74
K	0,42	196,56	18	178,56	170,82	145,08
S	0,00625	1,2	38	-36,8	-53,14	-107,48
Mg	2,12	305,28	3	302,28	300,99	296,7
Ca	5,32	1420,8	42	1378,8	1360,74	1300,68

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

Tabla B. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote La Meseta

ELEMENTO	RAS	DISPONIBILIDAD SUELO	REQUERIMIENTOS	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha	50 Ton/Ha	100 Ton/Ha
Simbolo	Meq/100 gramos	Total Kg/Ha	DEL CULTIVO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha
N	0,185714286	15,6	30	-14,4	-27,3	-70,2
P	0,067961655	8,4	1	7,4	6,37	5,54
K	0,58	271,44	18	253,44	245,7	219,96
S	0,025	4,8	38	-33,2	-49,54	-103,88
Mg	2,35	338,4	3	335,4	334,11	329,82
Ca	6,58	1579,2	42	1537,2	1519,14	1459,08

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

VEREDA MAZA

Tabla C. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote El Plan

ELEMENTO	RAS	DISPONIBILIDAD SUELO	REQUERIMIENTOS	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha	50 Ton/Ha	100 Ton/Ha
Simbolo	Meq/100 gramos	Total Kg/Ha	DEL CULTIVO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha
N	0,414285714	34,8	30	4,8	-8,1	-51
P	0,640776699	79,2	1	78,2	77,77	76,34
K	0,55	257,4	18	239,4	231,66	205,92
S	0,05	9,6	38	-28,4	-44,74	-99,08
Mg	1,15	165,6	3	162,6	161,31	157,02
Ca	9,06	2174,4	42	2132,4	2114,34	2054,28

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

Tabla D. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote Los Manzanos

ELEMENTO	RAS	DISPONIBILIDAD SUELO	REQUERIMIENTOS	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha	50 Ton/Ha	100 Ton/Ha
Simbolo	Meq/100 gramos	Total Kg/Ha	DEL CULTIVO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha
N	0,571428571	48	30	18	5,1	-37,8
P	0,427884466	52,8	1	51,8	51,37	49,94
K	0,41	191,88	18	173,88	166,14	140,4
S	0,0375	7,2	38	-30,8	-47,14	-101,48
Mg	0,65	95,04	3	92,04	90,75	86,46
Ca	6,19	1485,6	42	1443,6	1425,54	1365,48

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

VEREDA LA LLANADA

Tabla E. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote San Juan

ELEMENTO	RAS	DISPONIBILIDAD SUELO	REQUERIMIENTOS	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha	50 Ton/Ha	100 Ton/Ha
Simbolo	Meq/100 gramos	Total Kg/Ha	DEL CULTIVO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha
N	0,357142857	30	30	0	-12,9	-55,8
P	0,058252427	7,2	1	6,2	5,77	4,34
K	0,73	341,64	18	323,64	395,9	290,16
S	0,0125	2,4	38	-35,6	-51,94	-106,28
Mg	1,29	185,76	3	182,76	181,47	177,18
Ca	4,32	1180,8	42	1138,8	1120,74	1060,68

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

Tabla F. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote Alto de la Cruz

ELEMENTO	RAS	DISPONIBILIDAD SUELO	REQUERIMIENTOS	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha	50 Ton/Ha	100 Ton/Ha
Simbolo	Meq/100 gramos	Total Kg/Ha	DEL CULTIVO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha
N	0,571428571	48	30	18	5,1	-37,8
P	0,106796117	13,2	1	12,2	11,77	10,34
K	0,32	149,76	18	131,76	124,02	98,28
S	0,025	4,8	38	-33,2	-49,54	-103,88
Mg	0,95	136,8	3	133,8	132,51	128,22
Ca	10,57	2536,8	42	2494,8	2476,74	2416,68

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

VEREDA CHATASUGA

Tabla G. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote Tres Esquinas

ELEMENTO	RAS	DISPONIBILIDAD SUELO	REQUERIMIENTOS	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha	50 Ton/Ha	100 Ton/Ha
Simbolo	Meq/100 gramos	Total Kg/Ha	DEL CULTIVO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha
N	0,957142857	80,4	30	50,4	37,5	-5,4
P	0,300970874	37,2	1	36,2	35,77	34,34
K	0,73	341,64	18	323,64	395,9	290,16
S	0,0125	2,4	38	-35,6	-51,94	-106,28
Mg	1,29	185,76	3	182,76	181,47	177,18
Ca	4,32	1180,8	42	1138,8	1120,74	1060,68

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

Tabla H. Calculo necesidades de fertilización para cebolla bulbo, Lote Venecia

ELEMENTO	RAS	DISPONIBILIDAD SUELO	REQUERIMIENTOS	PRODUCCIÓN FINAL		
				35 Ton/Ha	50 Ton/Ha	100 Ton/Ha
Simbolo	Meq/100 gramos	Total Kg/Ha	DEL CULTIVO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha	*SALDO Kg/Ha
N	0,242857143	20,4	30	-9,6	-22,5	-65,4
P	0,116504854	14,4	1	13,4	12,97	11,54
K	0,34	159,12	18	141,12	133,38	107,64
S	0,0125	2,4	38	-35,6	-51,94	-106,28
Mg	0,62	89,28	3	86,28	84,99	80,7
Ca	3,46	830,4	42	788,4	770,34	710,28

(*)VALORES NEGATIVOS REPRESENTA AQUELLOS ELEMENTOS QUE EN SU CANTIDAD SE REQUIERE EN LA FERTILIZACIÓN

RAS =Reporte análisis de suelos

Saldo = Necesidades a aplicar para producciones finales de 35, 50 y 100 Ton/Ha

REPORTES ANÁLISIS DE SUELOS

ANÁLISIS DE SUELOS				Propietario			
Dirección:				Dirección:			
Ciudad:				Ciudad:			
Cultivo		Variedad		Edad			
CEBOLLA DE BULBO		NO ESPECIFICADA		0 Presiembra			
Municipio		Finca		Lote			
CHOACHI		CUN		La Quiuza-Carlos Alberto Díaz			
Meseta							

Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	meq/100cc	0.58	M	pH		6	M
Calcio	meq/100cc	6.58	M	C. E.	mS/cm	0.11	D
Magnesio	meq/100cc	2.35	M	Arena	%	0	
Sodio	meq/L	0.35	B	Limo	%	65	
Aluminio	meq/100cc	N.A	B	Arcilla	%	35	
CIC	meq/100cc	13.00	M	Textura	Franco-Arcillo-Limosa		
Cloruros	meq/L	0.72		M.Orgánica	%	4.65	
Fósforo	ppm	7	D	C.O.	%	2.7	B
N-NH4	ppm	8	B	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	5	D	Rel C/N			N.A
Azufre	ppm	4	D	Sat Humed	%	40	M
				Sat Bases	%	73.26	
				D. Aparente	g/cc	0.84	

Nro. de Orden	53318						
Clave de Interpretación							
E	Excesivo						
A	Alto						
M	Medio						
B	Bajo						
D	Deficiente						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">M.I</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Muestra Insuficiente</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">N.D</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">No Detectable</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">N.A</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">No analizado</td> </tr> </table>		M.I	Muestra Insuficiente	N.D	No Detectable	N.A	No analizado
M.I	Muestra Insuficiente						
N.D	No Detectable						
N.A	No analizado						

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.

ANÁLISIS DE SUELOS				Propietario			
Dirección:				Dirección:			
Ciudad:				Ciudad:			
Cultivo		Variedad		Edad			
CEBOLLA DE BULBO		NO ESPECIFICADA		0 Presiembra			
Municipio		Finca		Lote			
CHOACHI		CUN		Los Toquines - Angel Domingo Mora			
Meseta							

Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	meq/100cc	0.42	B	pH		5.15	B
Calcio	meq/100cc	5.92	M	C. E.	mS/cm	0.16	D
Magnesio	meq/100cc	2.12	M	Arena	%	18	
Sodio	meq/L	0.13	D	Limo	%	51	
Aluminio	meq/100cc	0.1	B	Arcilla	%	31	
CIC	meq/100cc	11.00	M	Textura	Franco-Arcillo-Limosa		
Cloruros	meq/L	0.64		M.Orgánica	%	3.90	
Fósforo	ppm	23	B	C.O.	%	2.26	B
N-NH4	ppm	11	B	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	5	D	Rel C/N			N.A
Azufre	ppm	1	D	Sat Humed	%	40	M
				Sat Bases	%	76.96	
				D. Aparente	g/cc	1.03	

Nro. de Orden	53071						
Clave de Interpretación							
E	Excesivo						
A	Alto						
M	Medio						
B	Bajo						
D	Deficiente						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">M.I</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Muestra Insuficiente</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">N.D</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">No Detectable</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">N.A</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">No analizado</td> </tr> </table>		M.I	Muestra Insuficiente	N.D	No Detectable	N.A	No analizado
M.I	Muestra Insuficiente						
N.D	No Detectable						
N.A	No analizado						

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.

ANÁLISIS DE SUELOS

Propietario:
Dirección:
Ciudad:

Fecha de Análisis: 2015-03-20 No. Análisis: AS 75019
Fecha de Muestreo: 2015-03-04 Fecha de Recepción: 2015-03-09

Cultivo	Variedad	Edad
CEBOLLA DE BULBO	NO ESPECIFICADA	0 Presiembra
Municipio	Finca	Lote
CHOACHÍ	San Alfonso- Gabriel Rodríguez	

Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	meq/100cc	0.45	B	pH		5.64	B
Calcio	meq/100cc	10.53	A	C. E.	mS/cm	0.78	B
Magnesio	meq/100cc	2.56	A	Arena	%	10	
Sodio	meq/L	1.59	M	Limo	%	45	
Aluminio	meq/100cc	N.A	B	Arcilla	%	45	
CIC	meq/100cc	16.00	M	Textura		Arcillo-Limosa	
Cloruros	meq/L	1		M.Orgánica	%	5.72	
Fósforo	ppm	135	M	C.O.	%	3.32	B
N-NH4	ppm	9	B	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	100	B	Rel C/N			N.A
Azufre	ppm	23	B	Sat Humed	%	62	A
				Sat Bases	%	85.24	
				D. Aparente	g/cc	0.45	

Nro. de Orden 53071

Clave de Interpretación

E	Excesivo
A	Alto
M	Medio
B	Bajo
D	Deficiente

M.I	Muestra Insuficiente
N.D	No Detectable
N.A	No analizado

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.

ANÁLISIS DE SUELOS

Propietario:
Dirección:
Ciudad:

Fecha de Análisis: 2015-03-25 No. Análisis: AS 75080
Fecha de Muestreo: 2015-03-09 Fecha de Recepción: 2015-03-11

Cultivo	Variedad	Edad
CEBOLLA DE BULBO	NO ESPECIFICADA	0 Presiembra
Municipio	Finca	Lote
CHOACHÍ	El Placer - Gloria Rodríguez	La Olla

Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	meq/100cc	0.51	M	pH		4.68	B
Calcio	meq/100cc	7.12	M	C. E.	mS/cm	0.15	D
Magnesio	meq/100cc	0.91	B	Arena	%	6	
Sodio	meq/L	0.54	M	Limo	%	53	
Aluminio	meq/100cc	1.9	E	Arcilla	%	41	
CIC	meq/100cc	11.00	M	Textura		Arcillo-Limosa	
Cloruros	meq/L	0.48		M.Orgánica	%	3.59	
Fósforo	ppm	18	B	C.O.	%	2.08	B
N-NH4	ppm	24	M	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	10	D	Rel C/N			N.A
Azufre	ppm	9	D	Sat Humed	%	42	A
				Sat Bases	%	77.84	
				D. Aparente	g/cc	1	

Nro. de Orden 53071

Clave de Interpretación

E	Excesivo
A	Alto
M	Medio
B	Bajo
D	Deficiente

M.I	Muestra Insuficiente
N.D	No Detectable
N.A	No analizado

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.

ANÁLISIS DE SUELOS

Propietario:
Dirección:
Ciudad:

Fecha de Análisis: 2015-03-20 No. Análisis: AS 75023
Fecha de Muestreo: 2015-03-05 Fecha de Recepción: 2015-03-09

Cultivo	Variedad	Edad
CEBOLLA DE BULBO	NO ESPECIFICADA	0 Presiembra
Municipio	Finca	Lote
CHOACHÍ	CUN Los Cerezos - Jose Antonio Martínez	El Parejo

Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	meq/100cc	0.37	B	pH		4.63	B
Calcio	meq/100cc	4.09	M	C. E.	mS/cm	0.36	D
Magnesio	meq/100cc	1.04	B	Arena	%	0	
Sodio	meq/L	0.91	M	Limo	%	64	
Aluminio	meq/100cc	0.3	A	Arcilla	%	36	
CIC	meq/100cc	8.00	B	Textura	Franco-Arcillo-Limosa		
Cloruros	meq/L	0.68		M.Orgánica	%	5.47	
Fósforo	ppm	54	M	C.O.	%	3.17	B
N-NH4	ppm	9	B	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	30	D	Rel C/N			N.A
Azufre	ppm	13	B	Sat Humed	%	38	M
				Sat Bases	%	69.18	
				D. Aparente	g/cc	0.98	

Nro. de Orden 53071

Clave de Interpretación

E	Excesivo
A	Alto
M	Medio
B	Bajo
D	Deficiente

M.I	Muestra Insuficiente
N.D	No Detectable
N.A	No analizado

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.

ANÁLISIS DE SUELOS

Propietario:
Dirección:
Ciudad:

Fecha de Análisis: 17/04/2015 No. Análisis: AS 75305
Fecha de Muestreo: 09/04/2015 Fecha de Recepción: 09/04/2015

Cultivo	Variedad	Edad
CEBOLLA DE BULBO	NO ESPECIFICADA	0 Presiembra
Municipio	Finca	Lote
CHOACHÍ	CUN Llanada-Juan Manuel Amórtegui	La Escuela

Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	meq/100cc	0.73	M	pH		4.68	B
Calcio	meq/100cc	4.92	M	C. E.	mS/cm	0.28	D
Magnesio	meq/100cc	1.29	M	Arena	%	25	
Sodio	meq/L	0.83	M	Limo	%	39	
Aluminio	meq/100cc	1.8	E	Arcilla	%	36	
CIC	meq/100cc	10.00	B	Textura	Franco-Arcillosa		
Cloruros	meq/L	0.92		M.Orgánica	%	3.28	
Fósforo	ppm	6	D	C.O.	%	1.9	B
N-NH4	ppm	5	D	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	20	D	Rel C/N			N.A
Azufre	ppm	2	D	Sat Humed	%	48	A
				Sat Bases	%	69.80	
				D. Aparente	g/cc	1.03	

Nro. de Orden 53318

Clave de Interpretación

E	Excesivo
A	Alto
M	Medio
B	Bajo
D	Deficiente

M.I	Muestra Insuficiente
N.D	No Detectable
N.A	No analizado

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.

ANÁLISIS DE SUELOS

Propietario:
Dirección:
Ciudad:

Fecha de Análisis: 2015-03-20 No. Análisis: AS 75022
Fecha de Muestreo: 2015-03-06 Fecha de Recepción: 2015-03-09

Cultivo	Variedad	Edad
CEBOLLA DE BULBO	NO ESPECIFICADA	0 Presiembra
Municipio	Finca	Lote
CHOACHÍ CUN	Los manzanos - Manuel Torres	3

Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	meq/100cc	0.41	B	pH		5.06	B
Calcio	meq/100cc	6.19	M	C. E.	mS/cm	0.30	D
Magnesio	meq/100cc	0.66	B	Arena	%	0	
Sodio	meq/L	0.56	M	Limo	%	60	
Aluminio	meq/100cc	0.4	A	Arcilla	%	40	
CIC	meq/100cc	10.00	B	Textura	Franco-Arcillo-Limosa		
Cloruros	meq/L	0.8		M.Orgánica	%	4.47	
Fósforo	ppm	44	B	C.O.	%	2.59	B
N-NH4	ppm	10	B	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	30	D	Rel C/N			N.A
Azufre	ppm	6	D	Sat Humed	%	59	A
				Sat Bases	%	72.93	
				D. Aparente	g/cc	0.47	

Nro. de Orden 53071

Clave de Interpretación

E	Excesivo
A	Alto
M	Medio
B	Bajo
D	Deficiente

M.I	Muestra Insuficiente
N.D	No Detectable
N.A	No analizado

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.

ANÁLISIS DE SUELOS

Propietario:
Dirección:
Ciudad:

Fecha de Análisis: 2015-03-25 No. Análisis: AS 75083
Fecha de Muestreo: 2015-03-10 Fecha de Recepción: 2015-03-11

Cultivo	Variedad	Edad
CEBOLLA DE BULBO	NO ESPECIFICADA	0 Presiembra
Municipio	Finca	Lote
CHOACHÍ CUN	Tres Esquinas - Pedro Nelson Sánchez	1 Triangulo

Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	meq/100cc	0.42	B	pH		4.64	B
Calcio	meq/100cc	3.56	M	C. E.	mS/cm	0.37	D
Magnesio	meq/100cc	0.47	D	Arena	%	7	
Sodio	meq/L	0.55	M	Limo	%	64	
Aluminio	meq/100cc	1.8	E	Arcilla	%	29	
CIC	meq/100cc	17.00	M	Textura	Franco-Arcillo-Limosa		
Cloruros	meq/L	0.48		M.Orgánica	%	3.67	
Fósforo	ppm	31	B	C.O.	%	2.13	B
N-NH4	ppm	17	B	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	50	D	Rel C/N			N.A
Azufre	ppm	25	B	Sat Humed	%	48	A
				Sat Bases	%	26.33	
				D. Aparente	g/cc	0.87	

Nro. de Orden 53071

Clave de Interpretación

E	Excesivo
A	Alto
M	Medio
B	Bajo
D	Deficiente

M.I	Muestra Insuficiente
N.D	No Detectable
N.A	No analizado

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.

ANÁLISIS DE SUELOS

Propietario:
Dirección:
Ciudad:

Fecha de Análisis: 2015-03-20 No. Análisis: AS 75021
Fecha de Muestreo: 2015-03-06 Fecha de Recepción: 2015-03-09

Cultivo	Variedad	Edad
CEBOLLA DE BULBO	NO ESPECIFICADA	0 Presiembra
Municipio	Finca	Lote
CHOACHI	CUN Maza - Héctor Orlando Amórtegui	

Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	meq/100cc	0.55	M	pH		5.62	B
Calcio	meq/100cc	9.06	A	C. E.	mS/cm	0.37	D
Magnesio	meq/100cc	1.15	B	Arena	%	8	
Sodio	meq/L	0.93	M	Limo	%	44	
Aluminio	meq/100cc	N.A	B	Arcilla	%	48	
CIC	meq/100cc	13.00	M	Textura		Arcillo-Limosa	
Cloruros	meq/L	1		M.Orgánica	%	3.86	
Fósforo	ppm	66	M	C.O.	%	2.24	B
N-NH4	ppm	9	B	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	20	D	Rel C/N			N.A
Azufre	ppm	8	D	Sat Humed	%	58	A
				Sat Bases	%	83.18	
				D. Aparente	g/cc	0.51	

Nro. de Orden 53071

Clave de Interpretación

E	Excesivo
A	Alto
M	Medio
B	Bajo
D	Deficiente

M.I	Muestra insuficiente
N.D	No Detectable
N.A	No analizado

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.