



**En conjunto con jóvenes de la Factorías del
Conocimiento de la Universidad Católica del Tropicó
Seco**

Determinación del nivel crítico de fosforo en un vertisol para el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en la comunidad Darailí, Condega 2020

Autores

Maykeling Yosaris Montalván Zeas

Osdalia Nair Suarez Garmendia

Tutor

Ms.C. Mayra Saucedá

Asesor

Lic. Lipsa Yunieth González. (equipo Técnico ASDENIC)

Estelí, enero de 2020

ÍNDICE

	Contenido	Pág.
I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	ANTECEDENTES	3
III	JUSTIFICACIÓN.....	5
IV	OBJETIVOS	6
	Objetivo general.....	6
	Objetivos específicos	6
V	MARCO TEÓRICO	7
5.1	Análisis de suelo	7
5.2	Nivel Crítico	7
5.3	Correlación.....	8
5.4	Soluciones extractoras	9
5.5	KCl-Olsen	9
5.6	Influencia del fósforo sobre las plantas y síntomas de deficiencia.....	10
5.7	Contenido de fósforo en los suelos	11
5.8	Formas de fósforo en el suelo	11
VI	HIPÓTESIS	13
VII	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
7.1	Ubicación geográfica	14
7.2	Universo.....	14
7.3	Muestra	14
7.4	Matriz de variables.....	14
7.5	Metodología para la medición de las variables.....	15
7.6	Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos.....	15
7.7	Diseño experimental	15
7.8	Procedimiento para el análisis de resultados	16
VIII	PRESUPUESTO.....	17
IX	CRONOGRAMA DE TRABAJO.....	19

X	BIBLIOGRAFIA.....	20
XI	ANEXOS.....	23

I INTRODUCCIÓN

La nutrición vegetal de las plantas es un aspecto muy importante, ya que de este depende el incremento de la producción agrícola. El objetivo de la nutrición es mantener o aumentar la productividad de los cultivos para satisfacer la demanda de alimentos y materias primas. Hay varios aspectos que intervienen en la nutrición de las plantas; uno de los más importantes es la adición de nutrientes inorgánicos o bien conocido como fertilización (Caballero, 2010).

Se estima que los fertilizantes son responsables del 50% de la producción mundial de alimentos. Por lo tanto, su papel es fundamental en la consecución de la seguridad alimentaria, así mismo contribuyen de manera muy importante a la producción de alimentos poniendo a disposición de los cultivos los nutrientes que necesitan en las cantidades adecuadas, determinando el rendimiento de la cosecha y también, de forma decisiva, la calidad de los alimentos producidos (García & de la Cruz, 2012).

Si bien son importantes los fertilizantes, un mal uso puede causar problemas por eso es necesaria la fertilización equilibrada para un uso óptimo del fertilizante. Las plantas son como las personas: una dieta equilibrada es necesaria y no es suficiente comer excesivamente de una clase de alimento. Si la dieta es desequilibrada, los seres humanos eventualmente se enferman (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes, 2002).

Existen varios métodos para calcular las dosis de fertilizantes que se deben aplicar a los cultivos, en Nicaragua el método más usado atiende a la lógica de llegar a un punto de equilibrio entre la concentración de nutrientes en el suelo y la demanda por parte del cultivo y corregido por un factor de eficiencia de los nutrientes, lamentablemente nuestro país no cuenta con datos propios de requerimientos nutricionales. Con el establecimiento de los niveles críticos de cada nutriente en los cultivos se podrían ajustar las dosis de fertilizante a las condiciones locales.

Es por ello que el propósito de esta investigación es generar información que ayude a mejorar la eficiencia del uso de los fertilizantes mediante la determinación del nivel crítico de fosforo en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L).

II ANTECEDENTES

Nicaragua carece de investigaciones sobre niveles críticos de los nutrientes por lo tanto se ponen de referencia datos de otros países. A nivel Centro Americano, Costa Rica es uno de los que más estudios tiene sobre niveles críticos en diferentes nutrientes, suelos, cultivos y ambientes.

Perdomo & Cardellino (2007), aseguran que en Uruguay, las recomendaciones de fertilización de maíz para N, P y K de los centros de investigación, como la Facultad de Agronomía (FAGRO) y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) se han basado mayormente en el concepto de “nivel crítico”.

Con el objetivo de establecer el nivel crítico de fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el departamento de Chiquimula, Guatemala; se llevó a cabo una investigación mediante 15 ensayos de campo en localidades diferentes. La metodología que se utilizó fue la propuesta por (Cate & Nelson, 1965) que consiste en marcar con puntos los rendimientos relativos (porcentaje del máximo) en función del análisis de suelos. El nivel crítico de fósforo que se estableció para esta región luego de tabular los datos obtenidos en cada uno de los experimentos de campo, y en cada una de las localidades y relacionarlos con la cantidad de fósforo extraído que fue de 12 pm lo que significa que debajo de este nivel, se espera una respuesta del cultivo a la aplicación del fertilizante y arriba de este, la respuesta va disminuyendo conforme se incrementa la cantidad de fósforo disponible en el suelo (Solórzano, 1998).

Por su parte Molina, E (2006), llevo a cabo una investigación para determinar el nivel crítico de Zn disponible en 4 órdenes de suelos de Costa Rica (Ultisoles, Vertisoles, Inceptisoles y Andisoles, 25 de cada uno), con 5 soluciones extractoras: Olsen Modificado (OM), Mehlich 3 (M3), Morgan Modificado (MM), DTPA y HCl. La metodología de Cate y Nelson fue utilizada para establecer los niveles críticos. Los niveles críticos de Zn en los

100 suelos, expresados en mg l-1, fueron: 2,0 (OM), 2,0 (M3), 0,3 (MM), 0,7 (DTPA), y 3,8 (HCl). Los resultados demostraron la importancia de dividir los suelos en ordenes, para obtener valores críticos más precisos.

Otro estudio bajo condiciones de invernadero tubo como propósito la correlación y calibración de cuatro métodos de extracción del P aprovechable para el trigo (Bray P₁), (Olsen), (Mehlich) y (Soltanpour y Schwab), el estudio se llevó a cabo en diez suelos de la sierra de Michoacán. El método seleccionado para analizar el P aprovechable que correlacionó mejor la disponibilidad de P con el rendimiento de trigo fue Olsen, con 8.4 mg/kg de P como nivel crítico (Venegas, Jean, Trinidad, & Gavi, 2000).

III JUSTIFICACIÓN

Los análisis químicos de suelos son la metodología más empleada en el país como herramienta para recomendar la fertilización de los cultivos. Con el fin de que una recomendación de fertilización tenga validez, se debe utilizar soluciones extractoras que extraigan la fracción de nutriente disponible en el suelo y que esta correlacione con los rendimientos de un determinado cultivo; para así poder seleccionar niveles críticos del elemento en el suelo para determinado cultivo. Los niveles críticos que se utilizan principalmente en el país para interpretar los análisis de suelo podrían no ser los apropiados.

Los cálculos más usados en Nicaragua para estimar la dosis de fertilizante son basados en la concentración de nutrientes en el suelo, el factor de eficiencia de los nutrientes y la demanda de nutrientes de los cultivos, lamentablemente nuestro país no cuenta con datos de requerimientos nutricionales de ningún cultivo, por lo tanto, todos los cálculos que se realizan tienen un grado de error, lo que significa que no sabemos si estamos aplicando la dosis correcta de fertilizante.

Con esta investigación se pretende establecer el nivel crítico de fosforo para el cultivo de frijol y generar información básica en el área de fertilidad de suelos, que permita ofrecer recomendaciones ajustadas a las condiciones locales.

IV OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el nivel crítico de fósforo en un vertisol para el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) durante el ciclo productivo de primera (mayo-agosto) 2020, en la comunidad Darailí, Condega.

Objetivos específicos

Evaluar la respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) a diferentes niveles de fósforo, extraído por el método Olsen.

Relacionar la absorción de fosforo y el rendimiento relativo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), utilizando la solución extractora de Olsen.

V MARCO TEÓRICO

5.1 Análisis de suelo

Un análisis de suelo consiste en extraer los nutrientes del suelo mediante la utilización de soluciones extractoras, dando como resultado valores numéricos que pueden reflejar o no la disponibilidad de un nutriente para las plantas; esos valores de extracción sólo tienen sentido si existe relación entre estos y la acción que hacen las raíces de las plantas en el suelo (Ramos, 2003).

El análisis de suelo es una herramienta que permite diagnosticar el estado nutricional del suelo y establecer recomendaciones de fertilización en caso de que se diagnostiquen problemas nutricionales (Molina & Bornemisza, 2006).

Como indica Molina (2007), la interpretación de los análisis de suelos está sujeta a la utilización de tablas de fertilidad previamente establecidas las cuales contienen los valores de referencia de los nutrientes con base en el concepto de nivel crítico. Estas tablas se realizan con información derivada de investigaciones de invernadero y campo en calibración y correlación de análisis de suelos, y con la experiencia acumulada por laboratorios y especialistas en el tema. Dichas tablas suelen clasificar los contenidos de nutrientes en diferentes categorías: bajo o deficiente, medio o suficiente, óptimo o adecuado, y alto o excesivo y con base en estas categorías se establece la posible respuesta a la aplicación de cierto nutriente.

5.2 Nivel Crítico

Por nivel crítico se entiende aquella concentración de un elemento, por encima de la cual, la probabilidad de incrementos sensibles en la producción, debido a la aplicación del elemento es baja; mientras que, valores inferiores probablemente corresponderán a producciones pobres y la probabilidad de incrementos debido a la aplicación del elemento es alta, esto en

relación con el método analítico utilizado y a la respuesta del cultivo cuando se aplica un determinado nutrimento (Cabalceta & Cordero, 1994) citado por (Cabalceta & Molina, 2006).

En sus apuntes Berthsch (1995), menciona que según sean las características de detalle y especificidad de los estudios de calibración y correlación de los que surgen las tablas de niveles críticos, así será la precisión con que se pueda interpretar los análisis de suelo. Los niveles críticos varían según la solución extractora, según el tipo de suelo y según el cultivo, por lo tanto, antes de realizar una interpretación hay que tomar en cuenta con que solución se hizo el análisis y con que tabla de niveles críticos se cuenta.

Por nivel crítico de suelo se entiende aquella concentración extraída del suelo por encima del cual, las posibilidades de encontrar respuestas a la fertilización son muy bajas y por debajo del cual, muy probablemente los rendimientos serán pobres.

5.3 Correlación

Según Chicaiza (2001) la correlación y calibración de metodologías de laboratorio constituye una etapa fundamental en la dinámica de interpretación de análisis químicos de suelos, transferencia de tecnología y recomendaciones al agricultor. El producto final de estos estudios son las tablas de niveles críticos, utilizadas para interpretar análisis y tener pautas posteriores de recomendación. Se puede decir que la correlación permite determinar cuál es la relación existente entre un nutriente del suelo extraído mediante cualquier solución extractora y la respuesta del cultivo a la aplicación de dicho nutriente.

Por su parte García & Ciampitti (2010) mencionan que el análisis de suelo es correlacionado

generalmente con la absorción de nutriente de toda o una parte de la planta en condiciones de campo y/o invernáculo. En ocasiones, el análisis se correlaciona con la producción de materia seca y/o rendimiento comercial. Adicionalmente agregan que el alcance del análisis de suelos con fines de diagnóstico de fertilidad es limitado por la variabilidad observada en las relaciones entre el rendimiento o la respuesta de los cultivos y el nivel de nutriente “disponible” en el suelo. En general, los niveles de un nutriente en suelo explican un 40-

60% del rendimiento o respuesta del cultivo. Este escenario ocurre debido a que el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo dependen de numerosos factores más allá de la disponibilidad de un único nutriente (ejemplo: radiación, temperatura, otros nutrientes, agua, etc).

5.4 Soluciones extractoras

Al momento de realizar un análisis químico de suelos, el procedimiento óptimo es la utilización de una solución extractora de carácter universal. Este término hace referencia a una solución con la capacidad de extraer diferentes formas de nutrientes disponibles para las plantas simultáneamente, tal como lo hacen las plantas, de manera rápida, reproducible y de bajo costo (Cabalceta y Molina 2006). Se requiere que el valor extraído en el análisis correlacione bien con la cantidad absorbida por las plantas y no necesariamente que el método de análisis extraiga exactamente la misma cantidad del nutrimento que extrae la planta (Cabrera, 2008).

Bertsch, Bejarano & Corrales (2005), señalan que “las soluciones extractoras, para poder ser adoptadas como metodologías útiles, deben presentar ante todo, una correlación satisfactoria con el rendimiento de las plantas, de modo que concentraciones bajas extraídas con la solución deben coincidir con rendimientos bajos, y concentraciones altas con rendimientos altos”

5.5 KCl-Olsen

Este método se usa como un índice del fósforo disponible en el suelo y se conoce como “Fósforo Olsen”. La utilidad del extractante se basa en que la solución de bicarbonato de sodio reduce la concentración de los iones de calcio, aluminio y hierro (III) por precipitación de carbonato de calcio e hidróxidos de aluminio y hierro (III) y libera así iones fosfato a la solución. La muestra de suelo se extrae con una solución de bicarbonato de sodio 0.5 mol/L a pH 8.5 y el fósforo en el extracto se determina por colorimetría mediante el método del azul de molibdeno usando ácido ascórbico como reductor. Este método es aplicable para todos los tipos de suelo (Sadzawka & Carrasco, 2006).

5.6 Influencia del fósforo sobre las plantas y síntomas de deficiencia

Según Hernandez (2016), el fosforo es fundamental en la división celular, porta energía durante la fotosíntesis y el transporte de carbohidratos. facilita la formación rápida y crecimiento de las raíces, estimula la formación de semillas, da vigor a los cultivos para defenderse del rigor del invierno.

Por su parte el Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI, 2009), agrega que el fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. El P se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de P en los cultivos varía de 0.1 a 0.5 %.

También menciona que el efecto más acentuado de la falta de P es la reducción en el crecimiento de la hoja, así como en el número de hojas. El crecimiento de la parte superior es más afectado que el crecimiento de la raíz. Sin embargo, el crecimiento de la raíz también se reduce marcadamente en condiciones de deficiencia de P, produciendo menor masa radicular para explorar el suelo por agua y nutrientes. Generalmente, el P inadecuado deprime los procesos de utilización de carbohidratos, aun cuando continua la producción de estos compuestos por medio de la fotosíntesis. Esto resulta en una acumulación de carbohidratos y el desarrollo de un color verde oscuro en las hojas. En algunos cultivos, las hojas deficientes en P desarrollan un color púrpura, ejemplos son el tomate y el maíz. Debido a que el P es fácilmente movilizado en la planta, cuando ocurren las deficiencias de este nutriente el P se transloca de los tejidos viejos a tejidos meristemáticos activos y por esta razón los síntomas aparecen en las hojas viejas (parte baja) de la planta. Sin embargo, estos síntomas de deficiencia rara vez se observan en el campo y la deficiencia de P generalmente se evidencia por una pérdida apreciable de rendimiento. Otros efectos de la deficiencia de P en la planta incluyen el retraso de la madurez, mala calidad de forrajes,

frutas, hortalizas y granos, así como una reducción de la resistencia de las plantas a las enfermedades.

5.7 Contenido de fósforo en los suelos

El fósforo es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas. Es absorbido por éstas en forma de fosfatos mono y diácidos. A diferencia del nitrógeno y del azufre, que son otros elementos que se absorben en forma aniónica, el fósforo es un elemento poco móvil. Por su tendencia a reaccionar dando formas fosforadas no disponibles para las plantas es que debe ser considerado uno de los elementos más críticos. La fuente original de fósforo es el material madre, constituido por rocas fosfatadas, tales como apatita, fluorapatita, vivianita, etc. Constituye aproximadamente el 0,12 % de la corteza terrestre. La cantidad de fósforo total de la capa arable de un suelo agrícola (suma del fósforo orgánico e inorgánico) no está relacionada directamente con la disponibilidad (Sanzano, 1998).

5.8 Formas de fósforo en el suelo

Desde el punto de vista del material que aporta el nutriente, separaremos al fósforo del suelo en dos grandes formas: fósforo orgánico y fósforo inorgánico.

- Fósforo orgánico: La principal fuente está constituida por los residuos vegetales y animales que se adicionan al suelo. Los compuestos fosfatados más importantes de la materia orgánica son nucleoproteínas, fosfolípidos y fosfoazúcares.
- Fósforo inorgánico: Desde el punto de vista edafológico interesa clasificarlo de acuerdo a su disponibilidad mediata o inmediata para las plantas en: fósforo soluble, intercambiable e insoluble.
 - Fósforo soluble: son las formas aprovechables para las plantas en forma inmediata, es decir son fosfatos en la solución del suelo. Su concentración es muy débil y fluctúa entre 0,2 y 0,5 mg/lt, o sea 200 a 400 gr/ha en 30 centímetros de espesor. En suelos muy ricos la concentración puede llegar hasta 1 mg/lt (1 ppm) y en suelos pobres a 0,1 mg/lt. Las formas solubles de fósforo en el suelo son los fosfatos

diácidos (H_2PO_4^-) y monoácidos (HPO_4^-). La concentración de los iones fosfatos en solución está relacionada con el pH de la misma. El ion H_2PO_4^- es favorecido por los pH bajos, mientras que el ion HPO_4^- por los pH más altos.

- Fósforo intercambiable: es también llamado fósforo lábil o adsorbido, y su disponibilidad es más lenta que el anterior. La adsorción de fosfatos, como en general toda adsorción aniónica en el suelo, es un fenómeno que depende del pH. A pH ácidos aumentan las cargas positivas de los coloides y por ende, aumenta la adsorción. Estos iones forman parte del enjambre de iones que rodean a las partículas coloidales y están en constante movimiento.
- Fósforo insoluble: es el que está formando parte de los minerales primarios y secundarios, y constituye la gran reserva de fósforo inorgánico en el suelo. La insolubilización se puede deber a la precipitación como fosfatos cálcicos en medio alcalino, o como fosfatos de hierro y aluminio en medio ácido. Tanto en suelos ácidos como alcalinos, el fósforo tiende a sufrir una cadena de reacciones que producen compuestos fosforados de baja solubilidad (Sanzano, 1998).

VI HIPÓTESIS

Los rendimientos del cultivo de frijol crecen en la medida que aumenta la dosis de fertilizante fosforado al suelo y descienden en casos que exista toxicidad por exceso de fosforo.

VII MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Ubicación geográfica

El estudio se llevará a cabo en la comunidad Darailí del municipio de Condega, la comunidad está ubicada a 58 km de la ciudad de Estelí y el ensayo se establecerá en la propiedad de don Luis Rivas Pravia (**Anexo 1**).

7.2 Universo

La población total será de 3 200 plantas distribuidas en 25 unidades experimentales de 4 x 4 metros cada una, y las unidades experimentales dispersas al azar en 5 bloques.

7.3 Muestra

Se tomará una muestra de 10 plantas al azar del centro de cada unidad experimental para medir las variables, lo que da un total de 250 plantas.

7.4 Matriz de variables

Variable	Definición conceptual	Unidad de medida	Instrumento
Rendimiento	Es el total de granos cosechados	kg/ha	Unidad experimental
Fósforo en el tejido	Concentración de fosforo acumulado en la materia seca del cultivo	mg/kg	Análisis de tejido
Fósforo en el suelo	Concentración de fosforo disponible en el suelo.	mg/kg	Análisis del suelo del ensayo

7.5 Metodología para la medición de las variables

7.5.1 Rendimiento

El rendimiento se medirá contando el número de vainas por planta, el número de granos por vaina y el de los granos cosechados en la parcela útil ajustado al 14 % de humedad, usando la metodología descrita por (Vallejos & Martinez, 2005).

7.5.2 fosforo en el tejido

La concentración de fosforo en los tejidos se determinará mediante un análisis de tejido en el laboratorio de referencia nacional “Laboratorios Químicos S.A” (LAQUISA).

La recolección de la muestra de tejido se realizará seleccionando plantas al azar para recolectar muestras de tallo, hojas y raíces aproximadamente al momento de la formación de las vainas, esto se realizará atendiendo las recomendaciones de (Sadzawka, Grez, Carrasco, & Mora, 2004).

7.5.3 fosforo en el suelo

Para medir esta variable se tomará una muestra de suelo a una profundidad de 20 cm y se enviará al laboratorio de suelos “Laboratorios Químicos S.A” (LAQUISA) para ser analizados y correlacionar esos datos con los datos de rendimiento apoyados con la metodología recomendada por (Sadzawka & Carrasco, 2006) y (Ramírez, 1988).

7.6 Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos

Para realizar esta investigación se utilizará la técnica de la observación periódica, así como la medición y la recopilación de datos, apoyados en una hoja de campo diseñada para reportar los datos obtenidos de cada variable medida.

7.7 Diseño experimental

Los 5 tratamientos evaluados se distribuirán en 5 bloques completos al azar, cada unidad experimental tendrá una dimensión de 4 metros de largo y 4 metros de ancho (**Anexo 2**).

El modelo aditivo lineal correspondiente al bloque completo al azar según (Pedroza, 1993), es el siguiente:

- Y_{ij} = Observación en la unidad experimental
- μ = Parámetro, efecto medio
- τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento I
- β_j = Parámetro, efecto del bloque j
- ϵ_{ij} = Valor aleatorio, error experimental de la u.e. i, j

Definición de los tratamientos

Tratamientos	kg P/ha (P₂O₅)
1	0
2	50
3	100
4	150
5	200

7.8 Procedimiento para el análisis de resultados

En el programa Excel se elaborará la base de datos y posteriormente se analizarán en el programa estadístico Infostat, en el que se realizarán pruebas de normalidad de Shapiro Wilks, prueba de homocedasticidad con Levene, prueba de diferenciación de medias de Tukey con un nivel de significación de 0.05 y un análisis de varianza ANDEVA para la variable de rendimiento. De igual manera en el programa Infostat se realizará un análisis de correlación mediante un gráfico de dispersión que nos ayudará a identificar el nivel crítico de fosforo para ese suelo, para ese cultivo y en esa zona.

VIII PRESUPUESTO

Rubro	Unidad de Medida	Cantidad	Costo unitario C\$	Total, C\$
Gastos de campo				
Preparación del terreno	D/H	2	800	1600
Cabuya	Rollo	4	25	100
Mano de obra	D/H	5	120	600
Trasporte	-	-	-	1000
Semilla	lbs	5	30	150
Fertilizante	lbs	50	9	450
Insecticida	lts	1	280	280
Fungicida	kg	1	350	350
Otros gastos	-	-	-	533
Sub total				5,063
Gastos en papelería				
Empastado	Unidad	1	800	800
Impresiones a color	Unidad	15	5	75
Impresiones blanco y negro	Unidad	90	2	180
Encolchado	Unidad	6	30	180
Copias	Unidad	225	0.5	112.5
Quemado e impresión de la portada del CD	Unidad	2	50	100
Sub total				1,447.5
Total				C\$ 6,510.50

IX CRONOGRAMA DE TRABAJO

No	Actividades	Meses y semanas 2020																															
		Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Visita al lugar de estudio	X																															
2	Preparación del terreno		X	X																													
3	Establecimiento del ensayo				X																												
4	Levantamiento de datos				X	X	X							X				X															
5	Ordenamiento de datos																			X	X												
6	Procedimiento estadístico																					X	X										
7	Análisis de los resultados																						X	X									
8	Redacción del informe																						X	X	X	X							
9	Revisión del informe																									X	X						
10	Ajustes y correcciones																										X	X					
11	Entrega de informe final																													X			

X BIBLIOGRAFIA

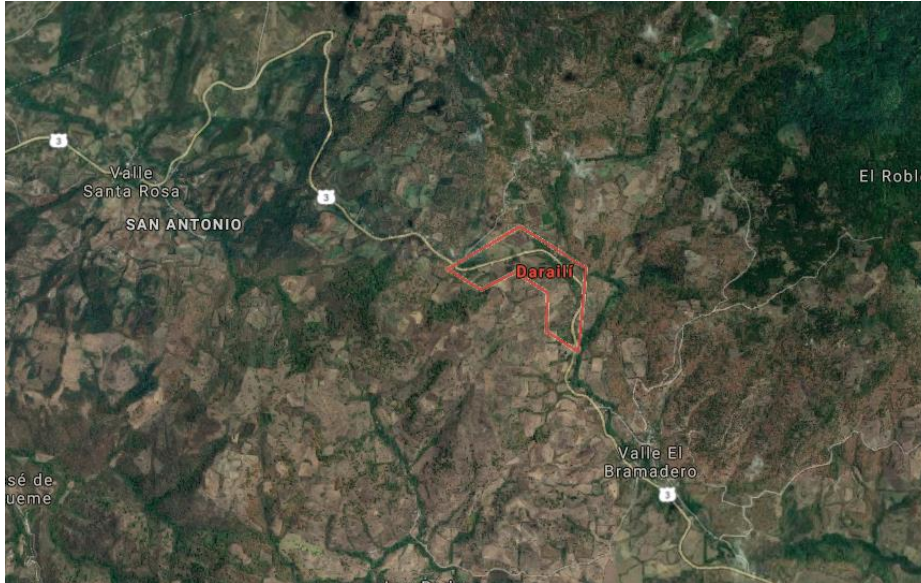
- Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. (2002). Los fertilizantes y su uso.
- Berthsch, F. (1995). Fertilidad de los suelos y su manejo (Vol. 1). San José: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Bertsch, F., Bejarano, J., & Corrales, M. (2005). Correlación entre las soluciones extractoras KCl-Olsen Modificado y Mehlich 3, usadas en los laboratorios de suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*.
- Cabalceta, G., & Cordero, A. (1994). Niveles críticos de azufre en Ultisoles, Inceptisoles, Vertisoles y Andisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 163-174.
- Cabalceta, G., & Molina, E. (2006). Niveles Críticos de nutrientes en suelos de Costa Rica utilizando la solución extractora Mehlich 3. *Agronomía Costarricense*, 31-44.
- Caballero, N. (2010). Importancia de La Nutrición Vegetal.
- Cabrera, P. (2008). Evaluación de soluciones extractoras de azufre en suelos de Guatemala y actividades realizadas en el laboratorio de análisis de suelo, agua y planta. Facultad de agronomía de la Universidad de San Carlos.
- Cate, R., & Nelson, A. (1965). A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data. North Carolina Agric. Exp. Sta., International Soil Testing Series. Tech. Bull.
- Chicaiza, N. (2001). Correlacion y calibracion de metodos de analisis quimico y determinacion del nivel critico de calcio en suelos ecuatorianos. Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- García, F., & Ciampitti, I. (2010). Enfoques alternativos para el diagnóstico de la fertilidad de suelos . Instituto Internacional de Nutricion de Plantas. Presentado en el XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 17-25.

- García, P., & de la Cruz, A. (2012). La contribución de los fertilizantes a la producción y calidad de los alimentos.
- Hernandez, P. (2016). El fósforo en las plantas . Agricultura al día, 12-14.
- Instituto Internacional de Nutrición de Plantas. (2009). función del fósforo en las plantas.
- Molina & Bornemisza. (2006). Nivel crítico de Zinc en suelos de Costa Rica. Agronomía Costarricense.
- Molina, E. (2007). Análisis de suelos y su interpretación. Universidad de Costa Rica. San José: Amino Grow International.
- Molina, E. (2006). Nivel crítico de Zinc en suelos de Costa Rica. Agronomía Costarricense, 30(2), 45-59.
- Pedroza, H. (1993). Fundamentos de la Experimentación Agrícola. Managua, Nicaragua: Editora de Arte, S.A.
- Perdomo, C., & Cardellino, G. (2007). Respuesta de maíz a fertilizaciones definidas con diferentes criterios de recomendación. Simposio “Fertilidad 2007”. Bases para el Manejo de la Nutrición de los Cultivos y los Suelos. Montevideo, Uruguay.
- Ramírez, R. (1988). Relación entre la Respuesta del Maíz a la Aplicación del Fósforo y el P asimilable del Suelo. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Venezuela.
- Ramos, S. (2003). Evaluación del fósforo extraído con dos soluciones extractoras en 19 suelos del altiplano occidental de Guatemala. San Carlos: USAC.
- Sadzawka, A., & Carrasco, M. (Junio de 2006). Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Centro Regional de Investigación La Platina, 13-16.
- Sadzawka, A., Grez, R., Carrasco, M., & Mora, M. (2004). Métodos de análisis de tejidos vegetales. Comisión de normalización y acreditación sociedad chilena de la ciencia del suelo.
- Sanzano, A. (1998). El Fósforo del suelo, Principios de edafología .

- Solórzano, E. (1998). Determinación de niveles críticos de fosforo en el cultivo de maíz (*Zea mays l.*) para 15 localidades del departamento de Chiquimula.
- Vallejos, B., & Martinez, L. (2005). Caracterización y evaluación de 7 genotipos de frijol común grano color rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en la estación experimental La Compañía. Tesis , La Compañía, Carazo.
- Venegas, J., Jean, L., Trinidad, A., & Gavi, F. (2000). Correlación y calibración de soluciones extractantes del fosforo aprovechable en andisoles de la sierra tarasca. Colegio de Postgraduados Montecillo, México, 17(4).

XI ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del sitio del ensayo



Anexo 2. Diseño experimental

