

## **I. INTRODUCCIÓN**

El pimiento (*Capsicum annum* L) es un cultivo que pertenece a la familia de las Solanáceas y tuvo su origen en México, Perú y Bolivia. Es una hortaliza de gran demanda tanto por su importante aporte calórico así como también por su alto contenido de agua y fibra.

El éxito del pimiento radica en que es un cultivo con tres destinos de consumo: pimiento en fresco, para pimentón y para conserva.

La demanda de los mercados europeos de pimientos frescos durante todo el año, ha crecido espectacularmente y ha tenido como consecuencia el desarrollo del cultivo en invernaderos y campo abierto.

En Ecuador habían 891 ha de pimiento sembradas en monocultivo por 1.734 Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs), según el Censo Agropecuario 2000, otras 79 ha se sembraron en cultivos asociados. La producción fue de 5.000 t. Más de la mitad de la superficie se encuentra en las provincias de Manabí y Guayas.

En la serranía, la provincia Imbabura se destaca por su diversa producción hortofrutícola es así que el cantón Urcuquí es una de las zonas importantes con una diversidad de hortalizas cultivadas. El cultivo de pimiento como tal es una hortaliza que se lo realiza en campo abierto como en invernadero.

El cultivo de pimiento es exigente de suelos de textura franca, pH neutro, profundos, sueltos, permeables y con un drenaje moderadamente bueno, ricos en materia orgánica y nutrientes.

Los valores físicos y químicos del suelo de la zona de estudio presentan una gran concentración de iones  $\text{Ca}^{++}$  (Anexo 6). Estos suelos se los considera calizos cuyo pH está por encima de 7. Ello está asociado a la presencia de carbonatos en la solución del suelo en forma de calcita que es la forma más común de carbonatos en el suelo (Wild, 1992).

Los problemas que radican en el manejo de hortalizas en la zona son de origen nutricionales debido a la deficiencia que presentan los cultivos y por tal razón la productividad en el cultivo de pimiento es baja a pesar de manejos de fertilización y abonaduras orgánicas, hay un desconocimiento de la influencia de las características del pH básico del suelo sobre la disponibilidad de nutrientes y sobre todo no hay uso de reguladores de pH de suelo.

Dentro de esta propiedades el pH como características de acides o alcalinidad tendrá un efecto directo en la disponibilidad de elementos minerales para las raíces, brindando de esta manera un porcentaje de disponibilidad para las plantas. En caso que se den fluctuaciones extremas de un alto o bajo pH, se puede causar deficiencia o toxicidad de nutrientes.

La producción de pimiento, no es la excepción y está fuertemente correlacionada con el estatus nutricional del suelo debido a que grandes cantidades de nutrientes son requeridas para el desarrollo y producción del fruto.

Por otro lado, el monocultivo e incremento de los rendimientos por unidad de producción se ha basado en el uso de grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas. Prácticas agrícolas, que sin ser negativas, con el aumento de los años, causan modificación en las características físico químicas del suelo, deterioro de la capa vegetal, reducción de la microfauna entre otros, merecen la atención de cada uno de los

aspectos que ayudarían a contrarrestar su efecto, siendo uno de los más importantes la salud del suelo.

Una de estas actividades es la adición de enmiendas o mejoradores de suelo, los cuales por su origen y proceso pueden ofrecer productos muy variables con efectos tampón (buffer), lo que fundamenta todo tipo de investigación dirigida a mejorar su desarrollo.

Por las razones expuestas la presente investigación pretende evaluar alternativas de elementos reguladores de pH como mejoradores de los aspectos químicos del suelo, mediante la aplicación durante la preparación del suelo y previo diagnóstico de esta característica durante crecimiento del cultivo permitiendo de esta manera mejorar la disponibilidad de elementos nutricionales para la planta.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- 1) Evaluar los efectos fisiológicos de los reguladores de pH en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento.
- 2) Identificar el regulador de pH y la dosis más efectiva de los tratamientos aplicados.
- 3) Analizar económicamente los tratamientos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El cultivo de pimiento

Smith (1966), menciona que el pimiento pertenece a la familia botánica de las Solanáceas. Debido a su gran variabilidad genética, se presentan diversas posturas en cuanto a su denominación botánica. La mayoría de autores coinciden en denominar *Capsicum annuum* a la especie que engloba a todas las variedades cultivadas.

Según Brucher (1989), el género *Capsicum* (Solanaceae) es originario del continente americano y comprende alrededor de 25 especies, de las cuales cinco son cultivados. En hallazgos arqueológicos se han encontrado bayas de *C. annuum* que datan de 7.000 años AC en las cavernas de Tamaulipas y Tehuacán (México) y de *C. baccatum* de 2.500 años AC en Huaca Prieta (Perú).

Lippert *et al.* (1966), identifican a México como centro de origen del *C. annuum* y a Guatemala como centro secundario. *C. frutescens* provendría de América tropical y subtropical y habría sido domesticada en América Central. Para otras especies cultivadas y silvestres se señala como centro de origen a Centro y Sudamérica, especialmente para *C. chinense*, *C. pendulum* y *C. pubescens*.

De acuerdo a Smith (1966), el centro de origen del género sería el borde oriental de los Andes peruanos y bolivianos.

Según Ortega (1991), la clasificación taxonómica del pimiento es la siguiente:

División: Spermatophyta  
Línea XIV: Angiospermae  
Clase A: Dicotyledoneae  
Rama 2: Malvales- Tubiflorae  
Orden XXI: Solanales (Personatae)  
Familia: Solanaceae  
Género: *Capsicum*  
Especie: *annuum*

La descripción general, que se presenta a continuación, corresponde básicamente a los tipos más frecuentes de *Capsicum annuum*.

#### Raíz

Nuez (1996), menciona que el sistema radicular es pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 cm y 1 m.

#### Tallos

Viñals *et al.* (1996), dice que el pimiento se cultiva como una planta herbácea anual. Su aspecto es glabro, de tallos erguidos, con altura y forma de desarrollo muy variables en función del cultivar, como así también de las condiciones ambientales y del manejo. El tallo principal es de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura ("cruz") emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo.

#### Hojas

Según la FAO (1991), las hojas enteras, con un largo pecíolo o casi sésiles, tienen una forma entre lanceolada y aovada, con el borde

entero o muy ligeramente sinuado en la base. Es de color verde claro u oscuro y en ocasiones de color violáceo.

#### Flores

Nuez (1996), enuncia que las flores del pimiento son hermafroditas, es decir, una misma flor produce gametos femeninos y masculinos, suelen nacer solitarias en cada nudo y con el pedúnculo torcido hacia abajo cuando se produce la antesis.

#### Fruto

Maroto (1995), señala que el fruto es una baya hueca, de superficie lisa y brillante, de colores y formas muy variables, con características típicas en cada cultivar. El color de los frutos, así como cambios del mismo, es debido a la presencia de pigmentos carotenoides y antocianos.

El grosor del pericarpio es una de las características importantes para la valoración de las variedades, de tal modo que el pimiento cultivado para consumo fresco, debe tener un pericarpio carnoso, mientras que el pimiento para pimentón deberá tenerlo bastante fino (FAO, 1991).

## **2.2. El suelo y sus características químicas**

Según HANNA (2003), la composición química del suelo incluye pH y elementos químicos (nutrientes). Su análisis es necesario para una mejor gestión de la fertilización, cultivo y para elegir las plantas más adecuadas para obtener los mejores rendimientos en la cosecha.

De acuerdo a INFOAGRO (2010), los nutrientes vegetales son aquellos elementos químicos que en mayor o menor proporción son necesarios para el desarrollo de las plantas, y que en general éstas toman del suelo por las raíces, y del aire por las hojas.

Aunque se han identificado veinte elementos químicos en la mayor parte de las plantas, se ha visto que solamente dieciséis son realmente necesarios para un adecuado crecimiento y una completa maduración de las plantas. A estos 16 elementos se les considera como los nutrientes esenciales.

Carbono, oxígeno e hidrógeno, constituyen la mayor parte del peso seco de las plantas, estos elementos provienen del CO<sub>2</sub> atmosférico y del agua. Les siguen en importancia cuantitativa el nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo y azufre que son absorbidos del suelo.

Los elementos más importantes para el crecimiento de las plantas son los macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y deberían ser suministrados a las plantas a través de fertilizantes, mesonutrientes (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes u oligoelementos (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno) que están generalmente presentes en el suelo en cantidades suficientes y las plantas los necesitan en dosis menores.

### **2.2.1. El pH de suelo**

AGRI-NOVA Science (2007), hace mención que el pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno [H<sup>+</sup>]. Un suelo puede ser ácido, neutro o alcalino, según su valor pH.

El rango de pH de 5,5 a 7,5 incluye la mayoría de las plantas; pero algunas especies prefieren suelos ácidos o alcalinos. Sin embargo, cada planta necesita un rango específico de pH, en el que poder expresar mejor su potencialidad de crecimiento.

El pH tiene una gran influencia en la disponibilidad de nutrientes y la presencia de microorganismos y plantas en el suelo. Por ejemplo, los hongos prefieren condiciones ácidas mientras que la mayoría de las

bacterias, especialmente aquellas que facilitan nutrientes a las plantas, tienen preferencia por suelos moderadamente ácidos o ligeramente alcalinos. De hecho, en condiciones de fuerte acidez, la fijación de nitrógeno y la mineralización de residuos vegetales se reducen.

Las plantas absorben los nutrientes disueltos en el agua de suelo y la solubilidad de los nutrientes depende en gran medida del valor pH. Por este motivo, la disponibilidad de elementos es diferente a diferentes niveles de pH.

Cada planta necesita elementos en diferentes cantidades y esta es la razón por la que cada planta requiere un rango particular de pH para optimizar su crecimiento.

Por ejemplo, el hierro, el cobre y el manganeso no son solubles en un medio alcalino. Esto significa que las plantas que necesiten estos elementos deberían teóricamente estar en un tipo de suelo ácido. El nitrógeno, el fósforo, el potasio y el azufre, por otro lado, están disponibles en un rango de pH cercano a la neutralidad.

### **2.2.2. Salinidad, alcalinidad, sodicidad.**

De acuerdo a Wild (1992), los suelos alcalinos son suelos cuyo pH está por encima de 7. Ello está asociado a la presencia de carbonatos en la solución del suelo. La calcita es la forma más común de carbonatos en el suelo, pero el aragonito, la dolomita y la magnesita pueden darse también.

Astiazarán (2007), opina que salinidad, alcalinidad, sodicidad son condiciones del suelo diferentes. La salinidad se mide por su conductividad eléctrica, la sodicidad es el grado en el cual la capacidad de intercambio del suelo y sus sitios están saturados u ocupados con iones de sodio y la alcalinidad se refiere a la acidez del suelo, los suelos



básicos son alcalinos, se mide este parámetro con su potencial hidrógeno pH y si es mayor de 8.7 se considera alcalino.

Los suelos sódicos contienen un exceso de sodio intercambiable; este sodio no es dañino para las plantas, pero causa que los suelos de textura fina se hagan extremadamente impermeables al agua y les dificulta a las raíces su penetración. Los suelos sódicos tienen un porcentaje de sodio intercambiable SAR mayor de 1.2. El subsuelo de los suelos sódicos es muy compacto, húmedo y pegajoso; además forma columnas de suelo con capas redondeadas. Para mejorar un suelo sódico el sodio debe reemplazarse con calcio y lavar el sodio del suelo. No es posible rescatar un suelo sódico sin drenaje. Se pueden agregar yeso y cloruro de calcio, así como otros materiales que liberan el calcio presente (sulfuro, ácido sulfúrico, materia orgánica).

Un suelo salino-sódico tiene en exceso sales solubles y sodio intercambiable. Para convertir el valor de sólidos totales disueltos STD se multiplicará la conductividad eléctrica CE mmhos/cm por 640, y da una aproximación de STD en miligramos por litro.

En un suelo bien drenado la CE será igual en todo el perfil de la zona radical, mientras que en un suelo con mal drenaje la CE se incrementará dramáticamente con la profundidad.

Conductividad eléctrica CE es el recíproco de la resistencia  $1/\text{ohms}$  y se mide en milimhos/centímetro o en  $\text{dS/m} = \text{mmhos/cm}$ . La CE del suelo requiere la pasta de un suelo saturado y se le extrae el agua para medir la sal. El máximo potencial productivo de un cultivo se logra con un agua que tiene menos de  $0.7 \text{ dS/m}$  de sales.

El sodio se mide por su porcentaje de sodio intercambiable PSI ó como rango de absorción de sodio RAS. El PSI es simplemente el % de todos

los sitios intercambiables del suelo que están sosteniendo el sodio. El RAS es más complicado y es un índice de la extensión del problema.

Cuadro 1. Características de salinidad, sodicidad y pH de suelos

Tipo De Suelo	CE mmhos/cm	PSI	pH	
Suelo Salino	> 4	<15	8.5	Suelos alcalinos blancos.
Salino Sódico	> 4	>15	8-10	Las partículas coloidales se colapsan y se desflocula el suelo.
Sódico	< 4	>15	> 8.5	Suelos alcalinos negros.

### 2.3. Reguladores de pH de suelo

Hernández (2001), aduce que el proceso que se da con el uso de los reguladores de pH como sulfatos, es el ataque a los minerales de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), que tiene los suelos cálcicos por el ácido sulfúrico que lleva el producto aplicado. Así mismo, la acción directa de los ácidos fuertes sobre suelos que contienen carbonatos puede dar lugar a un proceso de desprendimiento de  $\text{CO}_2$  y acidificación del medio. Previsiblemente la aplicación de un producto como sulfato ferroso podría dar lugar a un proceso de acidificación agronómicamente muy beneficioso.

Estos suelos resultan calizos y deben su alto pH a sales del ión calcio que actúa dominando todo el proceso hidroquímico.

El ión  $\text{Mg}^{++}$  no es cuantitativamente importante en estos suelos, poniendo de manifiesto, probablemente, que son las arcillas con un alto componente cálcico (calcitas) las que predominan en los procesos químicos e hidroquímicos que se den en ellos.

Así mismo, los iones tales como el  $\text{K}^+$  son prácticamente independientes de proceso establecido en esta investigación. Lo anterior, razonablemente, hace pensar que la posición del intercambio en las

arcillas, donde se encuentra situado este ión, no se ve alterada por el proceso del ataque con sulfato ferroso, por lo menos a las dosis aquí empleadas.

A dosis altas de de acidificantes sulfúricos, el ión monovalente que más se altera en sus lixiviados es el sodio, siendo desplazado de sus posiciones de adsorción a partir de un determinado punto de pH.

El uso de acidificantes como sulfato ferroso no solo baja el pH, por lixiviados del  $\text{Ca}^{++}$  en suelos que lo tienen en exceso, sino que además no se afecta al proceso de intercambio de iones como el  $\text{K}^+$  necesario para una correcta alimentación de la planta.

Colacelli (1995), indica que el objetivo de la corrección de los suelos salinos es reemplazar los carbonatos alcalinos ( $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ ) responsables de la alcalinidad, por sales como los sulfatos que son fácilmente lavables del perfil.

Existen 3 tipos de enmiendas que se pueden utilizar: 1) Sales solubles de calcio, 2) Acidos o formadores de ácidos y 3) Sales de calcio de baja solubilidad.

La efectividad de cada mejorador depende de ciertas condiciones de los suelos, en especial el contenido de  $\text{CO}_3=$  (carbonato) de Ca y Mg.

Una vez decidido cual mejorador es el indicado, decisión que debe tomar el técnico, es necesario calcular las cantidades del mismo que se requieren aplicar para corregir el pH a valores que mejoren las características del suelo. Para ello existen varios métodos que no es pertinente explicarlos en esta nota.

Las sustancias que pueden utilizarse como correctores son:  $\text{CaCl}_2$  (Cloruro de calcio),  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Sulfato de calcio "Yeso"), Azufre,

ácido sulfúrico, sulfato ferroso, sulfato de aluminio, polisulfuro de calcio y otros productos regionales como ser conchilla marina molida, espumas azucareras.

Si el suelo contiene carbonato de calcio se pueden recomendar varios mejoradores, de lo contrario solo se deben usar los mejoradores que contienen calcio.

Cuadro 2. Correctores de pH y su equivalencia al azufre

Correctores base	Fórmula química	Equivalente en tn a 1 tn de yeso 100%
Yeso	$\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,00
Azufre	S	0,19
Acido sulfúrico	$\text{H}_2 \text{SO}_4$	0,61
Sulfato ferroso	$\text{Fe } 2(\text{SO}_4) \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	1,09
Cal viva	Ca SX	0,78
Cloruro de calcio	$\text{Ca Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,86
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1,06
Sulfato de aluminio	$\text{Al } 2(\text{SO}_4)_3$	1,00

## 2.4. Características de los elementos en estudio

Según QUIMINET (2010), las características de los sulfatos son los siguientes:

Cuadro 3. Especificaciones químicas de los sulfatos

Sulfatos	Características					
	S (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe (%)	Ca (%)	pH	Aspecto
Sulfato de aluminio	14,0	17,0			3,0	Cristales blancos
Sulfato ferroso	11,5		19,7		2,5	Cristales verde claro
Sulfato de calcio	17,5			22,3	Neutro	Polvo blanco

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Ubicación y descripción del área experimental**

La presente investigación se realizó en la parroquia de Pablo Arenas, cantón Urcuquí, provincia de Imbabura, ubicada a 40 km de la capital provincial y 174 de la capital ecuatoriana. La zona de estudio consta con las coordenadas geográficas de latitud norte 00° 30' 15" y longitud oeste 78° 11' y 2377 m.s.n.m.

Los valores promedios anuales de temperatura es de 15,74 °C dentro de un clima templado, la precipitación es de 650 mm al año y una humedad relativa del 60 %, sus características de suelo se presentan con pH (7,3), M.O. (2,73) y una clase textura franco. De acuerdo a la clasificación de Holdridge en la zona se encuentra como bosque pluvial Montano Bajo: (bp.MB).

### **3.2. Material de siembra**

Se utilizó la variedad de pimiento Tropical Irazú cuyo ciclo está entre los 100 días con tolerancia a enfermedades y altos rendimientos, frutos tipo cono alargado de color verde claro con pulpa delgada, el tamaño es de 12 por 7 cm y la altura de planta es de aproximadamente 100 cm.

### **3.3. Factores estudiados**

- Variedad de pimiento Tropical Irazú.
- Reguladores de pH en dosis baja, media y alta: Sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), Sulfato ferroso ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ) y Sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ).
- Características físico químicas del suelo de la zona Pablo Arenas.

### 3.4. Tratamientos

En el Cuadro 4, se presenta los tratamientos efectuados.

Cuadro 4. Tratamientos efectuados en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

Nro	Reguladores de pH	Dosis	
		(kg/ha)	(kg/20 m <sup>2</sup> )*
1	Sulfato de aluminio	1.200	2,4
2	Sulfato de aluminio	2.400	4,8
3	Sulfato de aluminio	3.600	7,2
4	Sulfato de hierro	1.600	3,2
5	Sulfato de hierro	3.200	6,4
6	Sulfato de hierro	4.800	9,6
7	Sulfato de calcio	1.000	2,0
8	Sulfato de calcio	2.000	4,0
9	Sulfato de calcio	3.000	6,0
10	Testigo	0	0,0

\*: Parcela experimental

### 3.5. Métodos

Se empleó los métodos: Inductivo-deductivo, análisis síntesis y el empírico llamado experimental.

### **3.6. Diseño experimental**

En la presente investigación se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 10 tratamientos y 3 repeticiones con un total de 30 unidades experimentales. Todas las variables se sometieron al análisis de varianza y para determinar la diferencia estadística entre las medias de los tratamientos, se empleó la prueba de Tukey al 5 % de significancia.

#### **3.6.1. Características del lote experimental**

El área total experimental contó con 1.525 m<sup>2</sup>, cada parcela fue de 20 m<sup>2</sup> y un área útil de 9,6 m<sup>2</sup>, la separación entre repeticiones y parcelas fue de 1 m.

### **3.7. Manejo del experimento**

#### **3.7.1. Preparación de semillero**

La germinación del pimiento se realizó en invernadero en bandejas con sustrato de turba, en cuyos alveolos se depositaron las semillas a una profundidad 3 mm; se dieron riegos consecutivos a través de pulverizaciones a condición de mantener el sustrato a capacidad de campo. El tiempo considerado desde la siembra hasta el momento del trasplante fue hasta que las plántulas obtengan 7 cm de altura equivalente entre 30 días.

#### **3.7.2. Preparación del terreno**

Se realizó una mullida del suelo con un cruce de arado y una de rastra, luego se incorporó materia orgánica en dosis de 1 kg/m<sup>2</sup> con una segunda rastra. Luego se procedió a la delimitación de cada una de las parcelas experimentales con sus debidas repeticiones.



### **3.7.2.1. Incorporación de los reguladores de pH**

Se realizó treinta días antes del trasplante con el fin de dar efecto en la regulación del pH. Se aplicó al voleo e incorporado con azadón a 20 cm de profundidad en las dosis establecidas en los tratamientos por cada parcela y repetición, luego de esto se procedió a dar un riego para permitir la solubilidad de los elementos.

### **3.7.2.2. Preparación de surcos**

Se formaron los surcos manualmente a una distancia de 0,80 m elevadas a 0,20 m del suelo y 4 m de largo y un número de 5 por parcela.

### **3.7.3. Trasplante**

Los plantines se trasplantaron a 0,20 m entre plantas en medio lomo de cada surco, se aplicó un chorro o drench desinfectante de Himexazol 1 cc + Propamocarb 2 cc/l dirigido al cuello para evitar problemas de complejos fúngicos causantes de pudrición y marchitamiento.

### **3.7.4. Fertilización**

Se realizaron tres fertilizaciones de acuerdo al análisis de suelo (Anexo 3): 15 días después del trasplante, inicio de floración y engrose en dosis de 10, 20 y 30 g/planta respectivamente, el fertilizante a utilizado fue la mezcla química 18-46-00 + Sulfato de amonio + Urea y Muriato de potasio en la relación (1-1,5-1-1,1).

### **3.7.5. Riego**

Se realizaron únicamente dos riegos por surco al inicio del desarrollo del cultivo luego se mantuvo con la humedad imperante del invierno estacional que se presentó durante el ciclo del cultivo.

### **3.7.6. Control de malezas**

Se realizaron escardas con el uso de una pala a los 30 y 60 días después del trasplante.

### **3.7.7. Control de plagas**

Cabe señalar que hubo presencia de patógenos como *Alternaria* spp, *Botrytis* sp e insectos *Franklinella* spp, estos problemas fitosanitarios se los controló mediante métodos químicos que consintió en la pulverización de: Boscalid 1g/l + Cymoxanil 2,5 g/l + Fipronil 0,15 g/l cada 8 días durante la etapa de desarrollo del cultivo.

### **3.7.8. Cosecha**

La recolección se la efectuó manualmente cada semana de acuerdo a la maduración comercial que presento los frutos durante periodo de tres semanas.

## **3.8. Datos Evaluados**

Para determinar el efecto de los tratamientos se midieron las siguientes variables:

### **3.8.1. pH de suelo**

Para determinar los efectos y la residualidad de los reguladores de pH se realizó un análisis en laboratorio de la muestra de suelo del campo experimental antes de las aplicaciones (Anexo 6). A los 90 y 120 días después del tratamiento es decir 60 y 90 días después de establecido el cultivo, se tomaron muestras de cada uno de los tratamientos y repeticiones en total 30 unidades y se realizaron mediciones con un peachímetro electrónico preparando soluciones de 2 a 1 entre agua destilada y suelo respectivamente (Anexo 12).

### **Eficacia de los reguladores de pH**

La eficacia de cada uno de los tratamientos se evaluaron determinando la el valor de pH del testigo (pHT) menos el valor de pH del tratamiento (pHt) sobre el valor de pH del testigo (pHT) el resultado multiplicado por 100. Aplicando la siguiente fórmula:

$$E = ((pHT - pHt) / pHT) \times 100$$

#### **3.8.2. Altura de la planta**

Se realizó en 10 plantas tomadas al azar dentro del área neta de cada parcela experimental, se registró en cm la altura comprendida desde la base del tallo hasta el ápice de la planta a los 60-90 y 120 días después del trasplante.

#### **3.8.3. Diámetro de tallo**

Se efectuó a la misma fecha que altura de planta, registrando en cm el diámetro del tallo en las plantas tomadas en el área neta, para este efecto se utilizó la unidad de medida pie de rey.

#### **3.8.4. Número de frutos por planta**

Se contó el número de frutos en 10 plantas tomadas al azar a partir de su madurez fisiológica.

#### **3.8.5. Longitud y diámetro de la fruta**

Se midió el largo y el diámetro ecuatorial de la fruta con un flexómetro y se expresó en cm.

### **3.8.6. Rendimiento**

Se lo efectuó pesando los frutos cosechados en el área útil de cada unidad experimental, la unidad de medida fue en kilos. Una vez obtenido los resultados se realizó una proyección a kilos por hectárea (kg/ha).

### **3.8.7. Análisis económico**

Para obtener el beneficio neto y la relación costo/beneficio, se consideró el rendimiento (kg/ha), ingresos (USD) generados por la venta de la producción y los costos de producción (USD) de cada tratamiento hasta la fecha establecida de la última cosecha.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. pH de suelo**

En el Cuadro 5, se presentan los valores promedios de pH de suelo a los 60 y 90 días después del trasplante del cultivo, en donde realizado el análisis de varianza, se observa alta significancia estadística para los tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,45 y 3,87 % respectivamente.

Realizada la prueba de Tukey al 5 %, los valores promedios a los 60 días después del trasplantes determinaron dos rangos significativos, el primer rango lo ocupan las tres dosis de sulfato de calcio con promedios de 6,85 a 7,08 de pH de suelo. El segundo rango lo ocupan siete tratamientos con promedios que no difirieron estadísticamente en los cuales el valor más bajo lo registró sulfato de hierro en la dosis de 4.800 kg/ha con 6,18 de pH en el suelo.

A los 90 días después del trasplante los valores promedios presentan tres rangos de significación. En el primero se ubicaron las tres dosis de sulfato de calcio con un promedio de 7,27 a 7,76 de pH suelo; el tercer rango ubica a tres tratamientos con similar promedio estadístico, donde el sulfato de hierro en dosis de 4.800 kg/ha presenta el menor valor con 5,90 de pH de suelo.

### **4.2. Eficiencia de los correctores de pH**

Los valores promedios de eficacia alcanzados durante las aplicaciones de los tratamientos de los reguladores de pH de suelo en el cultivo de pimiento se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Valores promedios de pH de suelo a los 60 y 90 días del trasplante en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

#	Reguladores de pH	Dosis (kg/ha)	Valores de pH de suelo	
			60 ddt	90 ddt
1	Sulfato de aluminio	1.200	6,42 b	6,71 b
2	Sulfato de aluminio	2.400	6,45 b	6,59 b
3	Sulfato de aluminio	3.600	6,26 b	6,15 c
4	Sulfato de hierro	1.600	6,35 b	6,36 b
5	Sulfato de hierro	3.200	6,25 b	6,06 c
6	Sulfato de hierro	4.800	6,18 b	5,90 c
7	Sulfato de calcio	1.000	6,85 a	7,27 a
8	Sulfato de calcio	2.000	7,08 a	7,76 a
9	Sulfato de calcio	3.000	7,01 a	7,75 a
10	Testigo	0	6,60 b	6,97 b
Promedio			6,54	6,75
CV (%)			2,45	3,87
Significancia Estadística			**	**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) según test de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

ns = No significativo ddt = Días después del trasplante

\*\* = Significativo al 1 %

La eficacia de los tratamientos frente al testigo a los 60 días después del trasplante y luego de 90 días después de la aplicación de los tratamientos, ubicaron en primer orden al sulfato de hierro en dosis de 4.800 kg con un promedio 15,40 %. El menor promedio alcanzado fue para los sulfatos de calcio que presentaron resultados negativos frente al testigo con porcentajes de -7,26 a -3,74%.

A los 90 días después del trasplante y luego de transcurridos 120 días después de la aplicación, el tratamiento de sulfato de hierro en dosis de 4.800 kg/ha mantuvo el mayor porcentaje de eficacia con 15,40 %. El menor porcentaje de eficacia frente al testigo se mantuvieron para los sulfatos de calcio que oscilaron entre -11,33 a -4,21 %.

### **4.3. Altura de la planta**

Los valores promedios de altura de planta a los 60 - 90 y 120 días después del trasplante (ddt) se presentan en el Cuadro 7. El análisis de varianza no presentó significancia estadística en la evaluación a los 60 y 90 ddt, mientras que se encontró alta significancia estadísticas a los 120 ddt. Los coeficientes de variación fueron 4,27 - 3,64 y 3,60 % respectivamente.

Efectuada la prueba de Tukey al 5 %, los promedios de altura a los 120 ddt presentaron dos rangos significativos. El primer rango lo ocupan ocho tratamientos con promedios estadísticamente iguales, donde sulfato de hierro en la dosis de 4.800 kg/ha registró el valor más alto con 84,33 cm de altura. En el segundo rango dos tratamientos presentan igualdad estadística de los cuales el menor valor lo registró el testigo con 66,63 cm de altura.

Cuadro 6. Valores de eficiencia de los correctores de pH de suelo a los 60, 90 del trasplante en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

#	Reguladores de pH	Dosis (kg/ha)	Eficiencia de los reguladores de pH (%)	
			60 ddt	90 ddt
1	Sulfato de aluminio	1.200	2,72	3,75
2	Sulfato de aluminio	2.400	2,35	5,45
3	Sulfato de aluminio	3.600	5,17	11,77
4	Sulfato de hierro	1.600	3,92	8,88
5	Sulfato de hierro	3.200	5,38	13,10
6	Sulfato de hierro	4.800	6,35	15,40
7	Sulfato de calcio	1.000	-3,74	-4,21
8	Sulfato de calcio	2.000	-7,26	-11,33
9	Sulfato de calcio	3.000	-6,13	-11,10



Cuadro 7. Valores promedios de altura de planta a los 60-90 y 120 ddt en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

#	Reguladores de pH	Dosis (kg/ha)	Altura de planta (cm)		
			60 ddt	90 ddt	120 ddt
1	Sulfato de aluminio	1.200	27,77	65,10	74,70 b
2	Sulfato de aluminio	2.400	28,67	65,60	76,40 a
3	Sulfato de aluminio	3.600	27,60	65,73	78,33 a
4	Sulfato de hierro	1.600	29,33	67,50	80,70 a
5	Sulfato de hierro	3.200	27,47	66,73	81,73 a
6	Sulfato de hierro	4.800	29,67	68,73	84,33 a
7	Sulfato de calcio	1.000	26,87	66,13	76,33 a
8	Sulfato de calcio	2.000	30,00	66,00	77,40 a
9	Sulfato de calcio	3.000	28,67	68,90	80,30 a
10	Testigo	0	27,27	66,63	66,63 b
Promedio			28,33	66,71	77,69
CV (%)			4,27	3,64	3,60
Significancia Estadística			ns	ns	**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) según test de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

ns = No significativo

ddt = Días después del trasplante

\*\* = Significativo al 1 %

#### **4.4. Diámetro de tallo**

En el Cuadro 8, se presentan los valores promedios de diámetro tallo a los 60, 90 y 120 días después del trasplante (ddt), en donde realizado el análisis de varianza no se observa significancia estadística alguna a los 60 y 90 días ddt, mientras que a los 120 ddt se presentó alta significancia estadística; el coeficientes de variación fue de 3,10 - 4,16 y 4,41 % respectivamente.

Realizada la prueba de Tukey al 5 % con los promedios registrados a los 120 días ddt, se determinó dos rangos significativos; el primero presentó nueve tratamientos con similar valor estadístico en los cuales el sulfato de hierro en dosis de 4.800 kg/ha alcanza el mayor valor con un promedio de 1,51 cm de diámetro. El segundo rango el menor promedio lo registró el tratamiento de sulfato de aluminio en la dosis de 1.200 kg/ha con 1,33 cm de diámetro de tallo.

#### **4.5. Número de frutos por planta**

Los valores promedios de número de frutos por planta (Cuadro 9), efectuando el análisis de variancia, los resultados presentaron significancia estadística en los tratamientos con un coeficiente de variación de 8,55 %

Realizada la prueba de Tukey al 5 %, los valores promedios de número de frutos presentaron dos rangos de significancia, el primer rango lo ocupan seis tratamientos que fueron los valores más representativos en los cuales el mayor promedio fue de sulfato de hierro en dosis de 1.600 kg/ha con 52 frutos planta. En el segundo rango donde se presentaron cuatro tratamientos con igual valor estadístico, el menor número resulto el testigo con 37 frutos planta.

Cuadro 8. Valores promedios de diámetro de tallo a los 60-90 días después del trasplanta y a la cosecha en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

#	Reguladores de pH	Dosis (kg/ha)	Diámetro de tallo (cm)		
			60 ddt	90 ddt	120 ddt
1	Sulfato de aluminio	1.200	0,62	1,06	1,33 b
2	Sulfato de aluminio	2.400	0,62	1,06	1,36 a
3	Sulfato de aluminio	3.600	0,60	1,03	1,39 a
4	Sulfato de hierro	1.600	0,63	1,07	1,44 a
5	Sulfato de hierro	3.200	0,61	1,07	1,49 a
6	Sulfato de hierro	4.800	0,60	1,07	1,51 a
7	Sulfato de calcio	1.000	0,59	1,09	1,38 a
8	Sulfato de calcio	2.000	0,61	1,08	1,40 a
9	Sulfato de calcio	3.000	0,61	1,07	1,39 a
10	Testigo	0	0,59	1,05	1,34 a
Promedio			0,61	1,06	1,40
CV (%)			3,10	4,16	4,41
Significancia Estadística			ns	ns	*

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) según test de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

ns = No significativo

ddt = Días después del trasplante

\* = Significativo al 5 %

Cuadro 9. Valores promedios de número de frutos por planta en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urucuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

#	Reguladores de pH	Dosis (kg/ha)	Número de frutos por planta
1	Sulfato de aluminio	1.200	41 b
2	Sulfato de aluminio	2.400	45 a
3	Sulfato de aluminio	3.600	39 b
4	Sulfato de hierro	1.600	52 a
5	Sulfato de hierro	3.200	48 a
6	Sulfato de hierro	4.800	50 a
7	Sulfato de calcio	1.000	38 b
8	Sulfato de calcio	2.000	45 a
9	Sulfato de calcio	3.000	48 a
10	Testigo	0	37 b
Promedio			44
CV (%)			7,29
Significancia Estadística			**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) según test de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

\*\* = Significativo al 1 %

#### **4.6. Longitud de fruta**

En el Cuadro 10, se presentan los valores promedios para la variable longitud de fruta, en donde realizado el análisis de la varianza se observa significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 8,55 %.

Realizada la prueba de Tukey al 5 %, se determina dos rangos de significancia estadística. En el primero se presentan nueve tratamientos en los cuales la mayor longitud de fruta fue del tratamiento sulfato de hierro en dosis de 4.800 con 13,71 cm. El menor promedio en longitud de fruta estuvo en el segundo rango con el tratamiento sulfato de aluminio en la dosis de 1.200 kg/ha que alcanzó 10,63 cm.

#### **4.7. Diámetro de frutos**

En el Cuadro 11, se presentan los valores promedios del diámetro de frutos. El análisis de variancia determinó alta significancia estadística; el coeficiente de variación fue de 5,30 %.

Comparando los promedios, se establecen dos rangos significativos. El primero lo representan cinco tratamientos de los cuales sulfato de hierro con 4.800 kg/ha alcanza el mayor diámetro con 6,65 cm. Los menores promedios estadísticamente iguales se presentaron en el segundo rango con cinco tratamiento de los cuales el menor valor fue para sulfato de aluminio en dosis de 1.200 kg/ha que obtuvo 5,31 cm de diámetro de fruta.

Cuadro 10. Valores promedios longitud de fruta en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

#	Reguladores de pH	Dosis (kg/ha)	Longitud de fruta (cm)
1	Sulfato de aluminio	1.200	10,63 b
2	Sulfato de aluminio	2.400	11,23 a
3	Sulfato de aluminio	3.600	12,06 a
4	Sulfato de hierro	1.600	12,50 a
5	Sulfato de hierro	3.200	13,24 a
6	Sulfato de hierro	4.800	13,71 a
7	Sulfato de calcio	1.000	11,01 a
8	Sulfato de calcio	2.000	11,54 a
9	Sulfato de calcio	3.000	11,82 a
10	Testigo	0	11,06 a
Promedio			11,88
CV (%)			8,55
Significancia Estadística			*

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) según test de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

\* = Significativo al 5 %

Cuadro 11. Valores promedios diámetro de fruta en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

#	Reguladores de pH	Dosis (kg/ha)	Diámetro de fruta (cm)
1	Sulfato de aluminio	1.200	5,31 b
2	Sulfato de aluminio	2.400	5,57 b
3	Sulfato de aluminio	3.600	5,88 a
4	Sulfato de hierro	1.600	6,12 a
5	Sulfato de hierro	3.200	6,52 a
6	Sulfato de hierro	4.800	6,65 a
7	Sulfato de calcio	1.000	5,55 b
8	Sulfato de calcio	2.000	5,78 a
9	Sulfato de calcio	3.000	5,74 b
10	Testigo	0	5,42 b
Promedio			5,85
CV (%)			5,30
Significancia Estadística			**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) según test de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

\*\* = Significativo al 1 %

#### **4.8. Rendimiento**

Los valores promedios de rendimiento en kg/ha detallados en el Cuadro 12, registraron alta significancia estadística de acuerdo al análisis de variancia y coeficiente de variación del 7,37 %.

Para esta evaluación los promedios alcanzados muestran dos rangos significativos. El primero lo alcanzan cuatro tratamientos de los cuales el mayor rendimiento promedio lo obtuvo sulfato de hierro en la dosis de 4.800 kg/ha con 29.416,67 kg/ha. Con menor rendimiento se ubicaron seis tratamientos en el segundo rango de los cuales el promedio más bajo fue para el testigo con 20.420,86 kg/ha.

#### **4.9. Análisis económico**

Al realizar el análisis económico (Cuadro 13) de los diferentes correctores de pH aplicados al suelo se obtuvo que el tratamiento correspondiente a sulfato de hierro en la dosis de 1.600 kg/ha presentó el mayor beneficio económico de \$ 7.168,58 USD, brindando una relación costo/beneficio de 180,66 %.



Cuadro 12. Valores promedios rendimiento por hectárea en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

#	Reguladores de pH	Dosis (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)
1	Sulfato de aluminio	1.200	21.217,96 b
2	Sulfato de aluminio	2.400	23.400,48 b
3	Sulfato de aluminio	3.600	23.571,29 b
4	Sulfato de hierro	1.600	27.841,45 a
5	Sulfato de hierro	3.200	28.240,00 a
6	Sulfato de hierro	4.800	29.416,67 a
7	Sulfato de calcio	1.000	20.838,39 b
8	Sulfato de calcio	2.000	23.950,86 b
9	Sulfato de calcio	3.000	24.842,85 a
10	Testigo	0	20.420,86 b
Promedio			24.374,08
CV (%)			7,37
Significancia Estadística			**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) según test de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

\*\* = Significativo al 1 %

Cuadro 13. Análisis económico en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

#	Reguladores de pH	Dosis (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Venta (USD)	Costo (USD)	Beneficio (USD)	Relación Costo / Beneficio (%)
1	Sulfato de aluminio	1.200	21.217,96	8.487,18	4.040,00	4.447,18	110,08
2	Sulfato de aluminio	2.400	23.400,48	9.360,19	4.880,00	4.480,19	91,81
3	Sulfato de aluminio	3.600	23.571,29	9.428,52	5.720,00	3.708,52	64,83
4	Sulfato de hierro	1.600	27.841,45	11.136,58	3.968,00	7.168,58	180,66
5	Sulfato de hierro	3.200	28.240,00	11.296,00	4.736,00	6.560,00	138,51
6	Sulfato de hierro	4.800	29.416,67	11.766,67	5.504,00	6.262,67	113,78
7	Sulfato de calcio	1.000	20.838,39	8.335,35	3.340,00	4.995,35	149,56
8	Sulfato de calcio	2.000	23.950,86	9.580,34	3.480,00	6.100,34	175,30
9	Sulfato de calcio	3.000	24.842,85	9.937,14	3.620,00	6.317,14	174,51
10	Testigo	0	20.420,86	8.168,34	3.200,00	4.968,34	155,26

Costo Kg de pimiento \$ 0,40 USD. Feb/2011

## V. DISCUSIÓN

La presente investigación trató el efecto de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento variedad Tropical Irazú.

Los resultados determinaron que el tratamiento sulfato de hierro en la dosis de 4.800 kg/ha alcanza el menor promedio de pH así como la mayor eficiencia frente al testigo. La explicación de lo anterior podría deberse a que uno de los procesos que con mucha probabilidad se estén dando en esta experiencia es el ataque a los minerales de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), que tiene estos suelos (Anexo 6), por el ácido sulfuroferroso que lleva el producto aplicado. Así mismo, la acción directa de los ácidos fuertes sobre suelos que contienen carbonatos puede dar lugar a un proceso de desprendimiento de  $\text{CO}_2$  y acidificación del medio. Previsiblemente la aplicación de un producto como sulfato ferroso podría dar lugar a un proceso de acidificación agronómicamente muy beneficioso (Hernández, 2001).

En la variable altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos por planta, longitud de fruta, diámetro de fruta, y rendimiento por hectárea, se determinó que las dosis de sulfato de hierro registraron el valor más alto.

De los resultados obtenidos se podría atribuir que de acuerdo a las características químicas del suelo en la zona de estudio (Anexo 6), estos resultan calizos y deben su alto pH a sales del ión calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) que actúa dominando todo el proceso químico, provocando el bloqueo de otros elementos que son fundamentales para la planta.

Los lixiviados de este ión, y razonablemente cabría pensar también en las sales cálcicas, por efecto del ataque de mejoradores edáficos, tales como el sulfato ferroso, disminuye el pH de los suelos, mejorándolos a efectos de uso agrícola.

El ión  $Mg^{++}$  no es cuantitativamente importante en estos suelos, poniendo de manifiesto, probablemente, que son las arcillas con un alto componente cálcico (calcitas) las que predominan en los procesos químicos e hidroquímicos que se den en ellos.

Así mismo, los iones tales como el  $K^+$  son prácticamente independientes de proceso establecido en esta investigación. Lo anterior, razonablemente, hace pensar que la posición del intercambio en las arcillas, donde se encuentra situado este ión, no se ve alterada por el proceso del ataque con sulfato ferroso, por lo menos a las dosis aquí empleadas.

A dosis altas de los tratamientos, el ión monovalente que más se altera en sus lixiviados es el sodio, siendo desplazado de sus posiciones de adsorción a partir de un determinado punto de pH.

Así pues, podemos definir que el uso del sulfato ferroso no solo baja el pH, por lixiviados del  $Ca^{++}$  en suelos que lo tienen en exceso, sino que además no se afecta al proceso de intercambio de iones como el  $K^+$  necesario para una correcta alimentación de la planta como se pudo observar en los resultados del comportamiento agronómico (Hernández, 2001).

Realizado el análisis económico en correspondencia de la producción obtenida y la venta de acuerdo a sus rendimientos, se determinó que el tratamiento correspondiente a sulfato de hierro en la dosis de 1.600 kg/ha presento el mayor beneficio económico con una relación costo beneficio muy superior al rendimiento obtenido con los otros

tratamientos. Esto demuestra que es elemental el uso de este tipo de reguladores de pH como parte correctiva de los factores químicos del suelo en el manejo nutricional del cultivo del pimiento.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base al análisis e interpretación estadística de los resultados experimentales, se delinearán las siguientes conclusiones:

1. El sulfato de hierro en la dosis de 1.600 a 4.800 kg/ha presentó la mayor eficacia en la disminución del valor de pH comparado con el testigo.
2. Mejores efectos fisiológicos de los reguladores de pH en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento presentó los tratamientos con sulfato de hierro.
3. Con sulfato de hierro en dosis de 1.600 kg/ha se obtiene mayor utilidad económica brindando una relación costo/beneficio de 180 %, superior a los demás tratamientos.

Analizada las conclusiones, se recomienda:

1. Utilizar sulfato de hierro en la regulación del pH como parte de los correctivos de suelo.
2. Emplear el sulfato de hierro como un aporte nutricional de azufre e hierro en suelos con deficiencia de estos elementos.
3. Emplear dosis de 1600 a 4800 kg/ha de sulfato de hierro dependiendo el grado de pH que presenten los suelos y la concentración de hierro y azufre.

## VII. RESUMEN

La presente investigación trató el efecto de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en la parroquia de Pablo Arenas, cantón Urcuquí, provincia de Imbabura, ubicada a 40 km de la capital provincial y 174 de la capital ecuatoriana, ubicada en las coordenadas geográficas de latitud norte 00° 30' 15" y longitud oeste 78° 11' y 2377 m.s.n.m., con el objetivo de evaluar el efecto químico de los reguladores de pH en cada una de las dosis de los tratamientos aplicados, valorar los efectos fisiológicos de los reguladores de pH en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento y analizar económicamente los tratamientos.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 10 tratamientos y 3 repeticiones con un total de 30 unidades experimentales. El área total experimental contó con 1.525 m<sup>2</sup>, cada parcela fue de 20 m<sup>2</sup> y un área útil de 9,6 m<sup>2</sup>, la separación entre repeticiones y parcelas fue de 1 m.

Se evaluaron las variables: pH de suelo los 60 y 90 días después del trasplante, eficacia de los reguladores de pH, altura de planta a los 60-90 y 120 días después del trasplante, diámetro de tallo a los 60-90 y 120 días después del trasplante, número de frutos por planta, longitud y diámetro de frutos, rendimiento.

Según los resultados experimentales se determinó lo siguiente: Al evaluar el efecto químico de los reguladores de pH en cada una de las dosis de los tratamientos aplicados, el sulfato de hierro en la dosis de 1.600 a 4.800 kg/ha presentó la mayor eficacia en la disminución del valor de pH comparado con el testigo.

Los efectos mejores efectos fisiológicos de los reguladores de pH en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento lo presentaron los tratamientos con sulfato de hierro.

Con el tratamiento de sulfato de hierro en dosis de 1.600 kg/ha se obtuvo mayor utilidad económica brindando una relación costo/beneficio de 180 %, superior a los demás tratamientos



## SUMMARY

The present study addressed the effect of three soil pH correction in the agronomic performance of green peppers (*Capsicum annuum* L.), variety Tropical Irazu in the parish of Pablo Arenas, Urcuquí Canton, Imbabura province, located 40 km the provincial capital and 174 of the Ecuadorian capital located in the geographic coordinates of latitude  $00^{\circ} 30' 15''$  and longitude  $78^{\circ} 11'$  and 2.377 meters, with the aim of evaluating the effect of different pH regulators in each a dose of treatments, assess the physiological effects of pH regulators on growth and yield of pepper and analyzing economic treatments. The design was a randomized complete block (RCBD) with 10 treatments and 3 replications with a total of 30 experimental units. The experimental area was full with  $1.525 \text{ m}^2$ , each plot was  $20 \text{ m}^2$  and a useful area of  $9.6 \text{ m}^2$ , the separation between replicates and plots was 1 m. Variables were evaluated: soil pH 60 and 90 days after transplantation, effective pH regulators, plant height of 60-90 and 120 days after transplantation, stem to 60-90 and 120 days after transplantation, number of fruits per plant, length and diameter of fruits, yield. According to the experimental results determined the following: In assessing the effect of different pH regulators in each of the doses of treatments, the iron sulfate in the dose of 1.600 to 4.800 kg / ha had the highest efficiency in pH value decreased compared with the control. The best effects physiological effects of pH regulators on growth and yield of pepper was shown by treatment with iron sulfate. With the treatment of iron sulfate at a dose of 1.600 kg / ha and provides more economic benefit by providing a cost / benefit of 180%, higher than the other treatments

## VIII. LITERATURA CITADA

Agri-Nova Science. 2007, Productos para Agricultura. ¡Por una vida mas saludable!. (en línea). Consultado: 17 de septiembre del 2010. Disponible en: [www.agri-nova.com](http://www.agri-nova.com)

Astiazarán, F. 2007. Diez acciones propuestas de bioingeniería Sostenible. Centro Regional Universitario Del Noroeste, Universidad Autónoma Chapingo, Cd. Obregón, Sonora, México. (en línea). Consultado: 21 de Octubre del 2010. Disponible en: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/recuperacion/recuperacion02.htm>

Brucher, H. 1989. Useful Plants of Neotropical origin and their wild relatives Springer verlag, New York 165- 172 P.

Colacelli, N. 1995. Corrección De Suelos Alcalinos (Enyesado). Facultad de Agronomía y Zootecnia de la U.N.T. (en línea). Consultado: 19 de octubre del 2010. Disponible en: [http://www.produccion.com.ar/1997/97jul\\_14.htm](http://www.produccion.com.ar/1997/97jul_14.htm)

FAO. 1991. Anuario de producción.(en línea). Anuario de producción 1991, Vol. 45. Colección FAO: Estadística No. 104.1992, 319 págs.ISBN 92-5-003194-Consultado: 21 de enero del 2011. Disponible en: [http://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0C BYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Fdocrep%2F007%2Fy4632s%2Fy4632s2s.htm&ei=byW3Ta2KJsmCtgfDIsCJAQ&usg=AFQjCNEiXi8hCqNBhB8kTVjy\\_ASIn5Mv1g](http://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0C BYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Fdocrep%2F007%2Fy4632s%2Fy4632s2s.htm&ei=byW3Ta2KJsmCtgfDIsCJAQ&usg=AFQjCNEiXi8hCqNBhB8kTVjy_ASIn5Mv1g)

HANNA. 2003. Manual de Análisis de Suelo. Ciencia y Gestión del Suelo. (en línea). Consultado: 20 de octubre del 2010. Disponible en: <http://www.hannaarg.com>

Hernández, J.C., Marijuan, L., Furet, N.R., Pérez-Mohedano, S., rihuela, D.L. (2001): "Modificaciones en el pH y en la C.I.C. de los suelos mediante la aplicación de sulfato metálico, en el cultivo de la fresa (España)". Ed. Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo.(en línea) Consultado: 23 de abril del 2001. Disponible en: <http://www.zonanosaturada.com/publics/V6/p099-104.pdf>

INFOAGRO. 2010. Análisis de suelo. (en línea). Consultado: 15 de noviembre del 2010. Disponible en: [http://www.infoagro.com/abonos/analisis\\_suelos2.htm](http://www.infoagro.com/abonos/analisis_suelos2.htm)

Lippert, F., Smith, P., Bergh, O. 1966. Cytogenetics of the vegetable crops, garden pepper, *Capsicum* sp. Bot. Rev., 32: 24-55.

Maroto, V. 1995. Horticultura herbácea especial". Ediciones Mundi-Prensa.Madrid. 400; 402- 407.

Ortega R. 1991- El pimiento y sus variedades en España. Hortofruticultura. Año III. Edagricole. España; 76- 77; 97- 105

QUIMINET. 2010. Características físico químicas de los sulfatos.(en línea). Consultado: 21 de octubre del 2010. Disponible en: <http://www.quiminet.com/pr9/Sulfato%2Bde%2Baluminio.htm>

Smith, P.G. 1966. Los ajíes cultivados del Perú, N. C. University, Agricultural misión to Perú, Bulletin 306.

Viñals, F. Ortega, R. Costa García, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. Barcelona. México; 61, 76, 105, 111

Wild, A. 1992. Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas según Russell". Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

## **IX. ANEXOS**

## Anexo 1. Cuadros de doble entrada de las variables evaluadas

Cuadro 14. Cuadros medios y su significancia estadística de la variable pH de suelo en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

Factor de varianza	Grados de libertad	pH de suelo			
		60		90	
Total	29				
Repeticiones	2	0,08	ns	0,18	ns
Tratamientos	9	0,32	**	1,36	**
Error	18	0,03		0,07	

ns = No significativo  
dde = días después de la emergencia  
\*\*= Significativo al 1 %

Cuadro 15. Cuadros medios y su significancia estadística de la variable altura de planta en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

Factor de varianza	Grados de libertad	Altura de planta					
		60 ddt		90 ddt		120 ddt	
Total	29						
Repeticiones	2	1,56	ns	4,13	ns	2,55	ns
Tratamientos	9	3,56	ns	5,05	ns	70,52	**
Error	18	1,46		5,88		7,82	

ns = No significativo  
dde = días después del trasplante  
\*\*= Significativo al 1 %

Cuadro 16. Cuadrados medios y su significancia estadística de la variable diámetro de tallo en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

Factor de varianza	Grados de libertad	Diámetro de tallo		
		60 ddt	90 ddt	120 ddt
Total	29			
Repeticiones	2	0,00775 **	0,00035 ns	0,0001 ns
Tratamientos	9	0,00045 ns	0,00086 ns	0,0113 *
Error	18	0,00036	0,00196	0,0038

ns = No significativo  
 dde = días después del trasplante  
 \*\*= Significativo al 1 %  
 \*= Significativo al 5 %

Cuadro 18. Cuadrados medios y su significancia estadística de la variable número de frutos, longitud de frutos y diámetro de frutos en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

Factor de varianza	Grados de libertad	Número de frutos	Longitud de frutos	Diámetro de frutos
Total	29			
Repeticiones	2	2,04 ns	0,93 ns	0,01 ns
Tratamientos	9	82,59 **	3,05 *	0,61 **
Error	18	10,43	1,03	0,10

ns = No significativo  
 \*\*= Significativo al 1 %

Cuadro 17. Cuadrados medios y su significancia estadística de la variable rendimiento en el estudio "Evaluación de tres correctores de pH de suelo en el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), variedad Tropical Irazú en el cantón Urcuquí, provincia de Imbabura. FACIAG. 2011."

Factor de varianza	Grados de libertad	Rendimiento
Total	29	
Repeticiones	2	956993,58 ns
Tratamientos	9	30825695,85 **
Error	18	3228275,12

ns= no significativo  
 \*\*= Significativo al 1 %



## Anexo 2: Análisis de suelo



### L A B O N O R T

LABORATORIOS DEL NORTE

Av. Cristobal de Troya y Aurelio Mosquera Ibarra - Ecuador Telefax. 2605177 cel. 099591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS										
<b>DATOS DE PROPIETARIO</b>					<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>					
Nombre: LUÍS DAVID GORDILLO					Provincia: Imbabura					
Ciudad: Urcuquí					Cantón: Urcuquí					
Teléfono: 091845565					Parroquia: Pablo Arenas					
Fax:					Sitio: Pablo Arenas					
<b>DATOS DEL LOTE</b>					<b>DATOS DE LABORATORIO</b>					
Sitio: Pablo Arenas					Nro Reporte.: 2984					
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo + T					
Número de Campo: M1					Muestra: Suelo M1					
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2010-08-16					
A Cultivar: Tomate riñón , pimiento campo					Fecha de Reporte: 2010-08-19					
<b>Nutriente</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>INTERPRETACION</b>							
<b>N</b>	41.49	ppm								
<b>P</b>	52.71	ppm								
<b>S</b>	6.08	ppm								
<b>K</b>	0.54	meq/100 ml								
<b>Ca</b>	10.53	meq/100 ml								
<b>Mg</b>	3.52	meq/100 ml								
			BAJO	MEDIO	ALTO					
<b>Zn</b>	5.16	ppm								
<b>Cu</b>	5.68	ppm								
<b>Fe</b>	38.60	ppm								
<b>Mn</b>	3.32	ppm								
			BAJO	MEDIO	ALTO					
<b>B</b>	0.32	ppm								
			BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO				
<b>pH</b>	7.33									
			Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino			
<b>Acidez Int. (Al+H)</b>		meq/100 ml								
<b>Al</b>		meq/100 ml								
<b>Na</b>	0.12	meq/100 ml								
			BAJO	MEDIO	ALTO					
<b>Ce</b>	0.326	mS/cm								
			No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino				
<b>MO</b>	2.73	%								
			BAJO	MEDIO	ALTO					
<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca+Mg (meq/100ml)</b>	<b>%</b>	<b>ppm</b>	<b>(%)</b>				<b>Clase Textural</b>	
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
2.99	6.52	26.02	14.71			39.20	40.00	20.80	FRANCO	
Dr. Quim. Edison M. Miño M.										
Responsable Laboratorio										



### Anexo 3: Recomendaciones de fertilización

<b>NOMBRE: Luis D. Gordillo</b>	<b>CULTIVO: Pimiento</b>	<b>FECHA: 10 08 19</b>
---------------------------------	--------------------------	------------------------

MUESTRA	Kg/Ha/año			FERTILIZANTE (Fuente)	CANTIDAD Sacos de 50Kg/Ha
	N	P2O5	K2O		
L 2784 M1	120	60	100	18 - 46 - 0 (DAP) Sulfato de amonio Urea Muriato de potasio (0-0-60)	2,6 4 2,6 3

#### Manejo agronómico del fertilizante.

##### 1. Establecimiento

Aplicar al trasplante, todo el 13-46-0 más la mitad de sulfato de amonio; el nitrógeno adicional urea más el resto de sulfato de amonio en dos o tres aplicaciones a los dos y cuatro meses después del trasplante. El muriato de potasio se aplicará al inicio de la floración y durante la producción. El contenido de materia orgánica es bajo (< 3%) se recomienda aplicar abono orgánico descompuesto antes de la siembra.

Aplicar cuatro kilos de bórax por hectárea AL SUELO, (disueltos en agua, con bomba mochila) al inicio. Es recomendable tres aplicaciones foliares de microelementos completos o en forma de quelatos especialmente boro y manganeso hierro y zinc

Parte del nitrógeno, se los recomienda en forma de sulfato para compensar la deficiencia de azufre

\*Las recomendaciones son en sacos por hectárea, deberá calcularse el área del cultivo y regular la cantidad de fertilizante recomendado.

La recomendación se realiza en base al análisis químico del suelo, sin considerar el aspecto climático de la zona por lo tanto ésta constituye una guía de fertilización que debe ser ajustada por el técnico responsable, considerando condiciones de clima y agua.

Anexo 4: Resultados de pH de suelo a los 60 días después del trasplante



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
IBARRA - ECUADOR

Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 022 - 2002

Ibarra, 25 de febrero del 2001

Análisis solicitado por: Sr. Luis David Gordillo

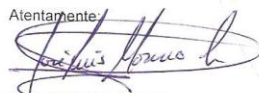
Número de muestras: Treinte, suelos

Fecha de recepción de las muestras: 21 de febrero del 2011

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado										Método
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
pH	----	6,49	6,35	6,02	6,10	6,29	6,23	6,63	6,89	7,02	6,54	Conductimétrico

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado										Método
		T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	
pH	----	6,36	6,41	6,20	6,51	6,03	6,05	7,13	7,13	6,99	6,74	Conductimétrico

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado										Método
		T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	
pH	----	6,42	6,59	6,57	6,43	6,42	6,28	6,80	7,23	7,02	6,54	Conductimétrico

Afirmante:  
  
Blaq. José Luis Moreno  
ANALISTA



Misión Institucional

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

Ciudadela Universitaria barrio El Olivo  
Teléfono: (06) 2 953-461 Castilla 199  
(06) 2 609-420 2 640- 811 Fax: Ext:1011  
E-mail: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec

## Anexo 5: Resultados de pH de suelo a los 90 días después del trasplante



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

### Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 022 - 2011

Ibarra, 25 de marzo de 2011

Análisis solicitado por: Sr. Luis David Gordillo

Número de muestras: Treinte, suelos

Fecha de recepción de las muestras: 21 de marzo de 2011

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado										Método
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
pH	-----	6,52	6,61	6,1	6,72	5,66	5,59	7,66	7,85	7,77	7,07	Conductimétrico

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado										Método
		T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	
pH	-----	7,58	6,05	6,77	6,40	5,73	5,99	6,18	6,85	7,73	6,88	Conductimétrico

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado										Método
		T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	
pH	-----	6,84	6,77	6,63	6,36	6,33	6,05	7,30	7,26	7,74	6,97	Conductimétrico

Alientamente:

Bioq. José Luis Moreno  
ANALISTA



#### Misión Institucional

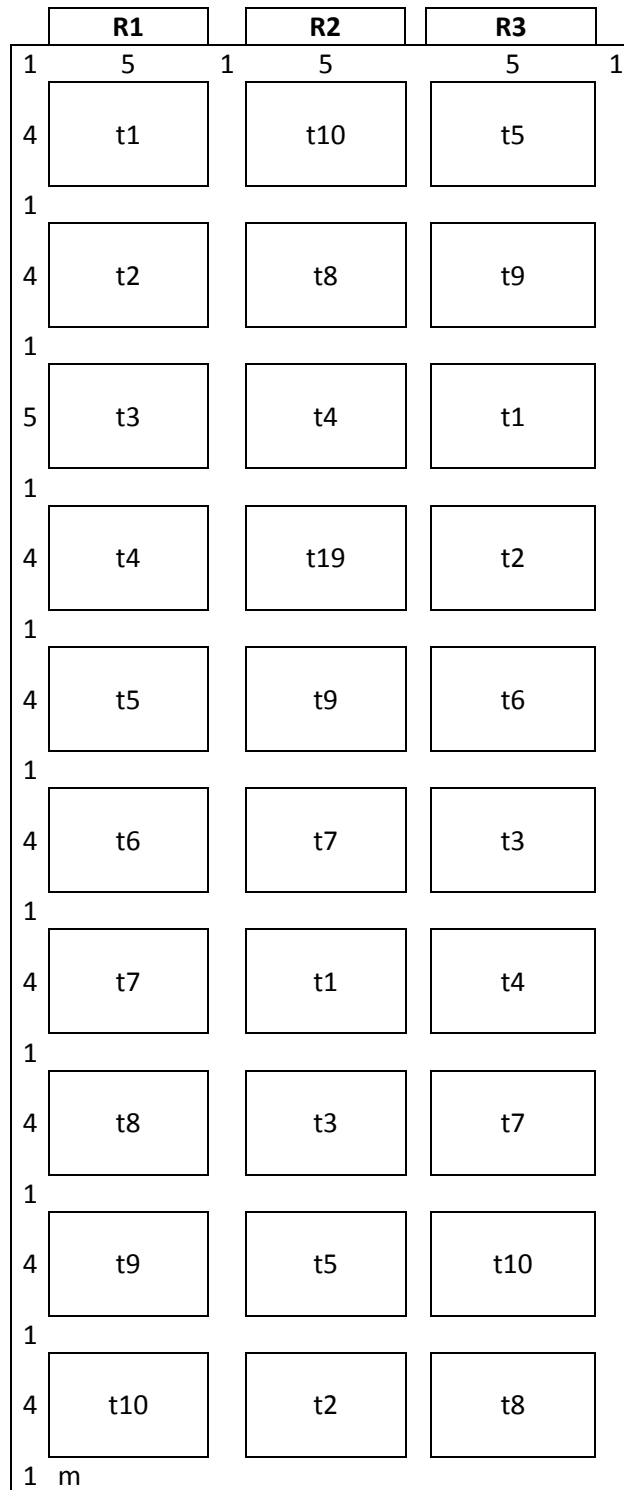
Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

Ciudadela Universitaria barrio El Olivo  
Teléfono: (06) 2 953-461 Castilla 199  
(06) 2 609-420 2 640-811 Fax: Ext:1011  
E-mail: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec

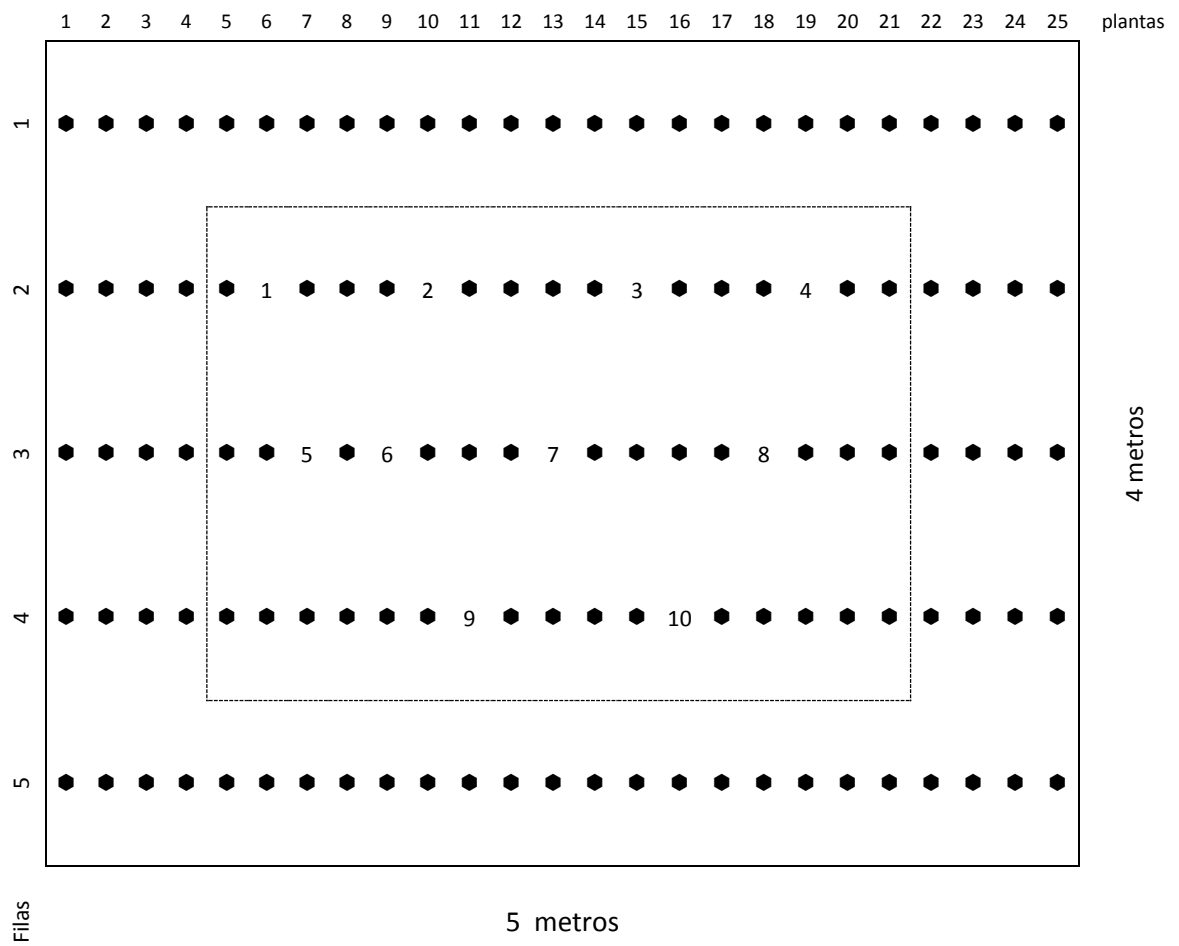
## Anexo 6: Diagrama de actividades

Actividades	Meses						
	1	2	3	4	5	6	7
Presentación anteproyecto facultad	●						
Aprobación anteproyecto	●						
Presentación proyecto facultad		●					
Aprobación proyecto		●					
Defensa proyecto		●					
Revisión Bibliográfica	●	●	●	●	●		
Planificación trabajo de campo		●					
Compra de materiales		●					
Preparación de semillero		●					
Preparación de terreno		●					
Aplicación de reguladores de pH		●					
Trasplante			●				
Prácticas culturales y mantenimiento			●	●	●		
Toma de datos			●	●	●	●	
Procesamiento de datos					●	●	
Análisis e interpretación de datos					●	●	
Preparación documento					●	●	●
Defensa tesis							●

## Anexo 7: Diseño del campo experimenta



## Anexo 8: Diseño de la parcela experimental



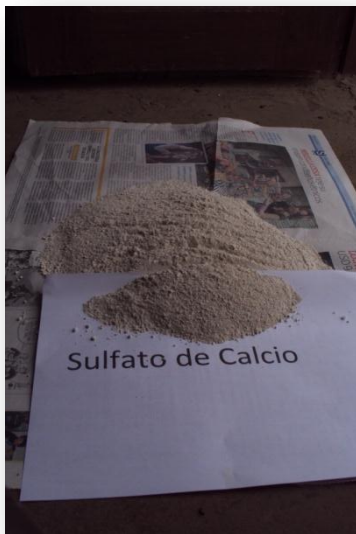
## Anexo 9: Fotos



1. Preparación de suelo



2. Delimitación de parcelas

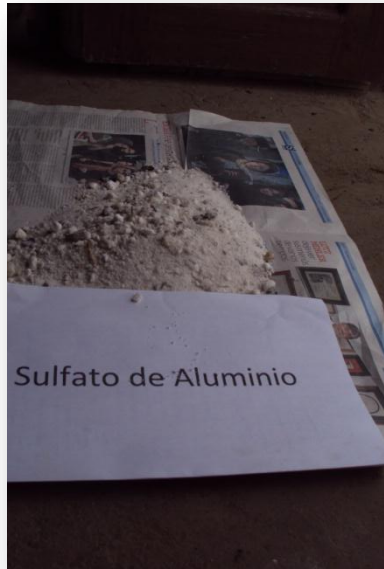


3. Regulador de pH Sulfato de calcio



4. Regulador de pH Sulfato ferroso





5. Regulador de pH Sulfato de aluminio



6. Dosificación de reguladores de pH en las parcelas



7. Regulador de pH regado en parcela



8. Incorporación de los reguladores en las parcelas



9. Caminos centrales



10. Surcado



11. Plántula de pimiento



12. Trasplante



13.Parcelas recién trasplantadas



14.Rótulos parcelas



15.Rotulación plantas seleccionas al zar del área útil



16.Primer aporque



17. Plantas a los treinta días



18.Toma de datos de altura a los treinta días.



19.Toma de datos diámetro de tallos



20.Segundo aporque



21. Datos tomados de altura de planta a los 60 días ddt



22. Datos tomados de diámetro de planta a los 60 días ddt



23. Cultivo a inicio de madures



24. Visita asesor



25. Datos tomados de diámetro de fruta



26. Datos tomados de longitud de fruta



27. Rendimiento



28. Rótulo campo experimental