

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**FUENTES DE N, P, K, y MICRONUTRIENTES EN
PRESENCIA Y AUSENCIA DE FIERRO QUELATADO EN EL
CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.)-
TARAPOTO - SAN MARTÍN, PERÚ**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JONATHAN BRIAN PAULINO CÓRDOVA

TARAPOTO - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**FUENTES DE N, P, K, y MICRONUTRIENTES EN
PRESENCIA Y AUSENCIA DE FIERRO QUELATADO EN EL
CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.). –
TARAPOTO – SAN MARTIN, PERU**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
JONATHAN BRIAN PAULINO CORDOVA**

TARAPOTO – PERU

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
ÁREA DE SUELOS Y CULTIVOS



**FUENTES DE N, P, K, y MICRONUTRIENTES EN
PRESENCIA Y AUSENCIA DE FIERRO QUELATADO EN EL
CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.). –
TARAPOTO – SAN MARTIN, PERU**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
JONATHAN BRIAN PAULINO CORDOVA**

MIEMBROS DE COMITÉ DE TESIS

.....
Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramirez
Presidente

.....
Ing. M. Sc. Guillermo Vásquez Ramirez
Secretario

.....
Ing. M. Sc. César E. Chappa Santa María
Miembro

.....
Ing. M. Sc. Javier Ormeño Luna
Asesor

DEDICATORIA

A mi Padre el Sr. Hiver Paulino
Cuba y a mi Madre la Sra. Flora
Córdova Chucos por su
abnegada dedicación y
sacrificio en mi formación como
persona

Agradecimiento muy especial a mis
hermanos Alexander Hiver Paulino
Córdova y Emely Rosario Paulino
Córdova, por el apoyo hacia mi
persona

De una manera muy especial a Rosane Pinchi,
por su tiempo y desinteresado apoyo
hacia mi persona, así como también a
todos mis compañeros y amigos de trabajo
por su apoyo y ayuda que me brindaron durante
el desarrollo de este trabajo de tesis, lo cual permitieron
que cumpla con mis metas.

AGRADECIMIENTO

- **Al Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP)** por facilitarme la oportunidad de poder realizar el proyecto de tesis.
- **Al Ing. M. Sc Javier Ormeño Luna** por su asesoramiento antes, durante y después de la ejecución del proyecto de tesis.
- **Al Bigo. Ángel Martín Rodríguez del Castillo, y al Ing. Danter Cachique Huansi** por su apoyo durante la ejecución del proyecto y consejos para llevar acabo el trabajo de tesis con total normalidad.
- **A mí querida madre** por sus consejos y paciencia para así poder llevar a cabo con mucha responsabilidad el proyecto de tesis.
- **Al Ing. M.Sc. Cesar E. Chappa Santa María,** por su apoyo en el desarrollo del trabajo estadístico del presente informe de Tesis, **Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez,** por el apoyo mutuo hacia mi persona, **Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez,** por su constante apoyo y amistad para resolver ciertos inconvenientes en el corrección de mi informe de tesis; **A todos ellos GRACIAS.**

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION	01
II. OBJETIVOS	03
III. REVISION BIBLIOGRAFICA	04
3.1. Generalidades del cultivo	04
3.1.1. Origen y Distribución geográfica	04
3.1.2. Clasificación Taxonómica	05
3.1.3. Descripción Morfológica	06
3.2. Antecedentes sobre nutrición mineral	07
3.2.1. Fertilidad del suelo	07
3.2.2. Nutrición mineral de las plantas	08
3.2.3. El nitrógeno en el crecimiento de las plantas	09
3.2.4. El fosforo en el crecimiento de las plantas	22
3.2.5. El Potasio en las plantas	26
3.2.6. Los Micronutrientes en las Plantas	28
3.2.7. Hierro en las Plantas	30
3.2.8. Hierro Quelatado	34
3.2.9. Factores que influyen en disponibilidad de elementos	35
3.2.10. Suelos calcáreos	36
3.2.11. Metabolismo de los iones en plantas	37
3.2.12. Movimientos de los iones del suelo a la raíz	38
3.2.13. Absorción de iones (nutrientes)	41
IV. MATERIALES Y METODOS	46
4.1. Materiales	46
4.1.1. Materiales de Campo	46
4.1.2. Insumos	46
4.1.3. Materiales de Gabinete	47
4.2. Metodología	48

4.2.1. Ubicación del área experimental	46
4.2.2. Material genético de Sacha Inchi	48
4.2.3. Componentes estudiados	49
4.2.4. Diseño experimental	50
4.2.5. Ejecución del Experimento	53
4.2.6. Aplicación de Fertilizantes	55
4.2.7. Manejo de Plantones en vivero	57
4.2.8. Evaluaciones realizadas	58
V. RESULTADOS	64
5.1. Altura de la Planta	64
5.2. Diámetro del tallo	65
5.3. Numero de hojas	66
5.4. Área Foliar	68
5.5. Volumen fresco de raíces	67
5.6. Peso fresco de raíces	72
5.7. Peso fresco de hojas	74
5.8. Peso fresco del tallo	76
5.9. Peso seco de hojas	78
5.10. Peso seco del tallo	80
5.11. Peso seco de raíces	82
VI. DISCUSIONES	84
VII. CONCLUSIONES	102
VIII. RECOMENDACIONES	103
IX. BIBLIOGRAFIA	104
RESUMEN	
SUMMARY	
ANEXO	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág.
01	Modelo del acoplamiento del flujo de electrones fotosintéticos	13
02	Representación esquemática del metabolismo del nitrato en la raíz	16
03	Absorción, reducción y acumulación de nitrato en los diferentes Tejidos de la planta	18
04	Ciclo El hierro en el suelo	31
05	Funciones del hierro en la Planta	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Pág.
01	Composición del Superfosfato Triple.	25
02	Dosis y utilización del Superfosfato Triple	26
03	Tratamientos del experimento con hierro quelatado (2 g/maceta de ultraferro).	49
04	Tratamientos del experimento sin hierro quelatado.	50
05	Componentes estudiados.	50
06	Sin aplicación de Ultra Ferro.	51
07	Con aplicación de Ultra Ferro.	52
08	Análisis de varianza del experimento.	53
09	Descripción de fertilizante fosforado.	56
10	Descripción de fertilizantes con nitrógeno y fosforo.	67
11	ANVA para la Altura de planta (cm)	64
12	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en altura de planta.	64
13	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en altura de planta.	64
14	ANVA para el Diámetro del tallo (mm).	65
15	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en diámetro del tallo (mm).	65
16	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en diámetro del tallo (mm)	65

17	ANVA para el número de hojas (transformado por \sqrt{x})	66
18	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en número de hojas.	66
19	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en número de hojas	66
20	ANVA para el Área foliar (cm^2).	68
21	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el área foliar.	68
22	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el área foliar	68
23	ANVA para el Volumen fresco de raíces (ml).	70
24	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el volumen fresco de raíces (ml).	70
25	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el volumen fresco de raíces (ml).	70
26	ANVA para el Peso fresco de raíces (g).	72
27	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso fresco de raíces (g).	72
28	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles Del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso fresco de raíces (g).	72

29	ANVA para el Peso fresco de hojas (g).	74
30	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso fresco de hojas	74
31	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso fresco de hojas (g).	74
32	ANVA para el Peso fresco del tallo (g).	76
33	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso fresco del tallo (g)	76
34	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso fresco fresco del tallo (g).	76
35	ANVA para Peso seco de hojas (g).	78
36	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso seco de hojas (g)	78
37	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso seco de hojas (g).	78
38	ANVA para Peso seco del tallo (g).	80
39	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso seco del tallo (g)	80
40	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en peso del tallo (g)	80

41	ANVA para Peso seco de raíces (g).	82
42	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso seco de raíces (g)	82
43	Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso seco de raíces (g)	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°		Pág.
01	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al número de hojas.	67
02	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al número de hojas.	67
03	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al área foliar.	69
04	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al área foliar.	69
05	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al volumen fresco de raíces.	71
06	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al volumen fresco de raíces.	71
07	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso fresco de raíces.	73
08	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso fresco de raíces.	73
09	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso fresco de hojas.	75

10	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso fresco de hojas.	75
11	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso fresco del tallo.	77
12	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso fresco del tallo.	77
13	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso seco de hojas.	79
14	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso seco de hojas.	79
15	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso seco del tallo.	81
16	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso seco del tallo.	81
17	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso seco de raíces.	83
18	Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso seco de raíces.	83

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N°		Pág.
01	Zarandeo de la tierra.	53
02	La tierra en secado al sol.	53
03	Pesado del suelo.	54
04	Llenado de Macetas.	54
05 y 06	Aplicación de Ultraferro.	55
7, 8 y 9	Pesado de Fertilizantes	56
10, 11 y 12	1era, 2da y 3era Aplicación de Fertilizantes.	57
13	Emergencia.	58
14, 15 y 16	Altura de la Planta.	59
17 y 18	Diámetro del Tallo	60
19 y 20	Número De Hojas.	60
21 al 25	Determinación del Volumen de la Raíz.	61
26	Medición del área foliar.	62
27 al 29	Colección y pesado de Raíz, Tallo, y hojas frescos.	62
30 y 32	Pesado en estufa y pesado de Hojas, tallos y raíz.	63

I. INTRODUCCIÓN

Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), también llamado "maní del inca", pertenece a la familia Euphorbiaceae, crece en la selva amazónica. Fue componente de la dieta de grupos tribales indígenas de la región (Hamaker *et al.*, 1992).

Es perenne trepadora, leñosa, oleaginosa, crece en altitudes entre 200 y 1.500 msnm. Tiene fruta en forma de estrella, semillas ovals oscuras, rica en aceite y proteínas. El rendimiento económico reemplaza a los cultivos ilícitos y tiene importancia en el mercado nacional e internacional (Hamaker *et al.*, 1992).

Las limitantes para el desarrollo, es el contenido de nutrientes de los suelos que depende tanto del material de partida, como de los aportes de fertilizantes, sin olvidar la posible acción de la contaminación atmosférica, que puede motivar incrementos significativos de la concentración de determinados elementos en zonas con cantidades importantes de deposición por vía húmeda y/o seca (RAIJ, 1998).

Los factores que afectan a la disponibilidad de nutrientes son pH, contenido en materia orgánica, textura y potencial (LOUÉ, 1988).

Los fertilizantes determinan mejor desarrollo vegetativo con la dosis exacta. El hierro para los cultivos en suelos calcáreos es generalmente baja. Para corregir dicha deficiencia es la aplicación del hierro en forma de quelato Fe-EDDHA (etilendiamino-di-(o-hidroxifenilacetato férrico) al suelo. Existen suelos calcáreos donde la presencia de clorosis férricas es muy notorio, el presente trabajo de investigación nos determinara el comportamiento de las diferentes fuentes y dosis de Nitrógeno,

Fosforo y Potasio (N, P, K) y Micronutrientes, con aplicación y sin aplicación de hierro quelatado.

II. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Determinar dosis de N, P, K y micronutrientes, en ausencia y presencia de hierro quelatado, en el desarrollo vegetativo del cultivo de Sacha Inchi.

3.2. Objetivo Especifico

- Evaluar el efecto de fuentes de nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes (Nitrato de Amonio, Superfosfato Triple, Cloruro de Potasio), en ausencia y presencia de hierro quelatado, en el desarrollo del cultivo del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en condiciones de maceta.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Generalidades del cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

3.1.1. Origen y distribución geográfica

Se pueden encontrar registros de su origen en Perú en las culturas pre-incas, nor-Orientales mediante representaciones de su fruto en huacos Chimús y Mochicas. Actualmente se estudia la presencia de esta planta en la milenaria cultura Caral, al norte de Lima-Perú, con más de 3000 años de antigüedad (Brack, 1999).

El género *Plukenetia* pertenece a la familia *Euphorbiaceae* (Euforbiáceas) y está compuesto por 19 especies (Gillespie 1993, Gillespie 2007).

El género *Plukenetia* ha sido reportado en Malasia, Nueva Guinea, Borneo, México. El número de especies reportadas en América tropical varía de 7 a 12. En América del Sur, la presencia de *P. volubilis* L. ha sido registrada en la Amazonía Peruana, Bolivia y las Indias Occidentales (Arévalo, 1989-1995).

En el Perú se le encuentra en estado silvestre en diversos lugares de San Martín, Ucayali, Huánuco, Cuzco, Amazonas, Loreto y Madre de Dios. En San Martín se encuentra en toda la cuenca del Huallaga, en la provincia de Lamas, en el Valle de Sisa, en Alto Mayo y Bajo Mayo (Manco, 2006).

La diversidad de pisos ecológicos presentes en la Amazonía peruana, ha permitido a través de los siglos, la domesticación de numerosas especies de

plantas nativas con una alta variabilidad genética. La impresionante diversidad biológica hace que muchas de estas especies no hayan sido estudiadas en profundidad, desconociendo aún muchas características biológicas, genéticas y fitoquímicas (Rodríguez, 2010).

Rodríguez (2010), menciona que, hasta el año 2006 fueron descritas para la Amazonía peruana, cuatro especies en base a caracteres morfológicos: *P. volubilis* L., *P. brachybotrya* Müll. Arg., *P. loretensis* Ute, y *P. polyadenia* Müll. Arg.

3.1.2. Clasificación taxonómica:

La clasificación taxonómica según (Mostacero *et al.*, 2002)

Reino	: Plantae
Subreino	: Fanerogamas
División	: Angiospermae
Clase	: Dicotyledonea
Sub clase	: Archichlamydeae
Orden	: Euphorbiales
Familia	: Euphorbiaceae
Sub familia	: Plukenetieae
Género	: <i>Plukenetia</i>
Tribu	: Plukenetieae
Sub tribu	: Plukenetiinae
Especie	: <i>volubilis</i>
Nombre científico	: <i>Plukenetia volubilis</i> Linneo.
Nombre común	: sachá Inchi, maní del monte, maní del inca.

3.1.3. Descripción morfológica

Es una planta voluble semileñosa y perenne que alcanza de constante crecimiento. Sus hojas son alternas, acorazonadas, puntiagudas de 10 a 12 cm de largo y de 8 a 10 cm de ancho, con peciolo de 2-6 cm de largo. Las nervaduras nacen en la base de la hoja, orientándose la nervadura central hacia el ápice (Valles, 1990). Por lo general los bordes son dentados.

En la base de la hoja, mayormente justo al inicio del pedúnculo, muchas presentan una estipula. Las flores masculinas son pequeñas, blanquecinas y dispuestas en racimos. En la base del racimo y lateralmente, se encuentran una a dos flores femeninas. Los frutos son cápsulas de 3 a 5 cm de diámetro, dehiscentes, de color verde que cuando maduran se ponen de un color marrón negruzco. Usualmente están formados por cuatro cápsulas, algunos frutos presentan de cinco, a siete cápsulas. Dentro de las cápsulas se encuentran las semillas de color marrón-oscuro, con nervaduras notorias, ovales de 1,5 a 2 cm de diámetro y de 48 a 100 g de peso, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia los bordes, con un hileum bien diferenciado. Al abrirlas encontramos los cotiledones a manera de almendras y cubiertos de una película blanquecina. En condiciones de medio ambiente y al aire libre, la semilla se conserva por más de un año (Arévalo, 1990-1995; Valles, 1992).

3.2. Antecedentes sobre nutrición mineral

3.2.1. Fertilidad del suelo

Ormeño (2010), menciona que la fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales - fertilidad química - pero que no está provisto de buenas condiciones físicas.

También sostiene que la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de las plantas. Por ejemplo se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no es capaz de producir buenas cosechas, entonces en un suelo fértil, no productivo.

Asimismo, según Ramos (2006), hay que tener bien claro dos términos, uno la fertilización y el otro lo concerniente a nutrición vegetal, definiendo a:

➤ **Fertilización;** como la acción de agregar fertilizantes al suelo para que los cultivos crezcan, se desarrollen y produzcan. Además, sostiene que al momento de colocar fertilizantes, lo hacemos para potenciar todas las actividades de las planta y que esta se transforme en una máquina eficiente de producir.

► **Nutrición vegetal**, permite englobar el comportamiento del cultivo respecto de la aplicación de dichos fertilizantes. Por ejemplo, cuando un cultivo absorbe nitrógeno que se le aplicó previamente en la forma de urea, ¿Cómo reacciona esa planta? ¿Qué está pasando internamente y cómo se ve esa reacción desde afuera? Es fundamental observar la planta e intentar comprenderla.

3.2.2. Nutrición mineral de las plantas

Los elementos químicos que forman parte de la composición de nuestro planeta son poco más de cien, pero solo algunos, en virtud de sus características químicas, constituyen la materia viva participando a la formación de las complejas moléculas biológicas y en su funcionamiento (Sequi y Piaggese 2004).

Según la FAO (2002), los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas será limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. Sequi y Piaggese (2004), sostienen que los nutrientes minerales tienen funciones específicas y esenciales en el metabolismo de la planta. Todos los elementos nutritivos son absorbidos por la planta bajo la forma de iones.

3.2.3. El Nitrógeno en el crecimiento de las plantas

a. Asimilación de nitrógeno en plantas:

Las plantas superiores son organismos autotróficos que pueden sintetizar sus componentes moleculares orgánicos a partir de nutrientes inorgánicos obtenidos del medio ambiente. Para muchos nutrientes minerales, este proceso involucra la absorción por las raíces desde el suelo y la incorporación en compuestos orgánicos que son esenciales para el crecimiento y desarrollo. Esta incorporación de nutrientes minerales en sustancias orgánicas tales como pigmentos, enzimas, cofactores, lípidos, ácidos nucleicos o aminoácidos se denomina asimilación de nutrientes.

La asimilación del nitrógeno requiere una serie compleja de reacciones bioquímicas con un alto costo energético. En la asimilación del nitrato (NO_3^-), el nitrógeno del NO_3^- es convertido en una forma de energía superior, nitrito, (NO_2^-), luego en una mayor forma de energía, amonio, (NH_4^+) y finalmente en nitrógeno amídico en la glutamina. Este proceso consume 12 equivalentes de ATPs por molécula de nitrógeno. Por otra parte, las leguminosas que presentan una forma simbiótica con bacterias que transforman el nitrógeno atmosférico (N_2) en amonio, proceso denominado, fijación biológica del nitrógeno junto con la subsecuente asimilación del amonio en los aminoácidos, consume 16 ATPs por nitrógeno.

La mayoría de los compuestos presentes en las células vegetales contienen nitrógeno, tales como: aminoácidos, nucleótidos fosfatos, componentes de fosfolípidos, clorofila. Solamente el oxígeno, carbono, y el hidrógeno son elementos más abundantes en las plantas que el nitrógeno. La mayoría de los ecosistemas naturales y agrícolas, al ser fertilizados con nitrógeno inorgánico, muestran importantes incrementos en la productividad, poniendo en evidencia la importancia de este elemento (Miller and Smith, 1996).

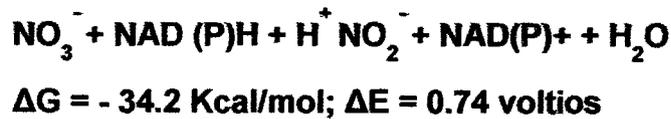
b. Mecanismos de transporte en el tonoplasto

Análisis de vacuolas aisladas de hojas de cebada han demostrado que entre el 58% y 99 % del nitrato protoplásmico se encuentra en la vacuola. En consecuencia, un transporte activo es necesario para explicar la concentración de nitrato dentro de la vacuola, siendo aparentemente un antiporte $\text{NO}_3^- / \text{H}^+$, mientras que un canal abierto permitiría la salida pasiva del ión nitrato hacia el citoplasma. En consecuencia el control de la concentración de nitrato en el citoplasma ocurre por una "liberación" más que por un bombeo. Dicha regulación podría requerir una interacción directa entre el nivel de nitrato en el citoplasma y la actividad del canal, probablemente por la fosforilación del canal permitiendo su apertura (Miller and Smith, 1996).

c. Asimilación del nitrato

Las plantas asimilan la mayor parte del nitrato absorbido por sus raíces en compuestos orgánicos nitrogenados. La primera etapa de este proceso es

la reducción de nitrato a nitrito en el citoplasma. La enzima Nitrato reductasa (NR) cataliza la siguiente reacción:

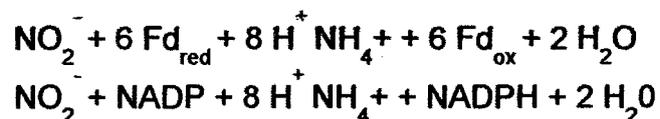


En la que se observa un gran cambio de energía libre bajo condiciones estándar, siendo una reacción irreversible. La NR – NADPH (Ec. 1.6.6.1) está presente en las plantas superiores y en algas, las formas NAD(P)H se encuentran en algas, hongos y plantas superiores y la forma específica de NADPH se encuentra en hongos. En las hojas la NR es NADH dependiente, mientras que en la raíz existen dos formas NADH y NADPH dependientes. La nitrato reductasa cataliza el primer paso de la asimilación del nitrato en todos estos organismos, el cual parece ser el proceso que limita la adquisición de N en la mayoría de los casos, siendo esta enzima regulada por el NO_3^- y la luz entre otros factores.

La enzima NR es un homodímero compuesto de 2 subunidades idénticas de 100 kDa aproximadamente cada una, conteniendo cada subunidad tres grupos prostéticos: un equivalente de FAD (flavina adenina dinucleótido), hemo-Fe y un complejo de Molibdeno (Mo). El molibdeno está unido a la enzima por un complejo orgánico llamado pterina formando el Mo-molibdoterina (Mo-MPT). En consecuencia, la enzima contiene tres cofactores internos: FAD, hemo y MPT y dos iones metálicos: Fe y Mo en cada subunidad (Figura 5). Durante el recambio catalítico el FAD, el Fe y el Mo son cíclicamente reducidos y oxidados, de

manera que la NR existe en formas reducidas y oxidadas. Los potenciales redox para el FAD, hemo-Fe y Mo-MPT son -272 a -287 mV, -123 a -174 mV y -25 a 15 mV, respectivamente. Este patrón redox es consistente con un flujo de electrones, dentro de la enzima desde el NADH con un potencial redox de -320 mV hasta el sitio activo donde se reduce el NO_3^- con un potencial redox de + 420 mV. Por lo que, la NR es una proteína soluble que cataliza una reacción redox, involucra una cadena transportadora de electrones y tiene dos sitios activos físicamente separados, uno para el NADH para reducir el FAD al comienzo de la cadena transportadora de electrones y uno para reducir el nitrato por la MO-MPT.

Dado que el nitrito formado es altamente reactivo, siendo un ión potencialmente tóxico, las células vegetales lo transportan inmediatamente después de ser generado por la reducción del nitrato desde el citoplasma a los cloroplastos en las hojas, y a los plástidos en las raíces. En estas organelas la enzima nitrito reductasa reduce el nitrito a amonio, siendo la reacción que cataliza:



Donde Fd indica ferredoxina reducida (red) y oxidada (ox). La ferredoxina reducida deriva del transporte de electrones de la fotosíntesis en los cloroplastos y el NADPH generado por la vía oxidativa de las pentosas fosfatos en los tejidos no fotosintéticos.

El nitrito reductasa es una proteína simple de 63 Kda y contiene dos grupos prostéticos, un complejo de Fe-S (Fe_4S_4) y un grupo hemo especializado. Experimentos cinéticos sugieren que el par Fe_4S_4 -hemo de la enzima se une al nitrito y lo reducen directamente a amonio. De manera que el flujo de electrones desde la ferredoxina hasta el nitrito puede ser representado como se observa en la figura 1.

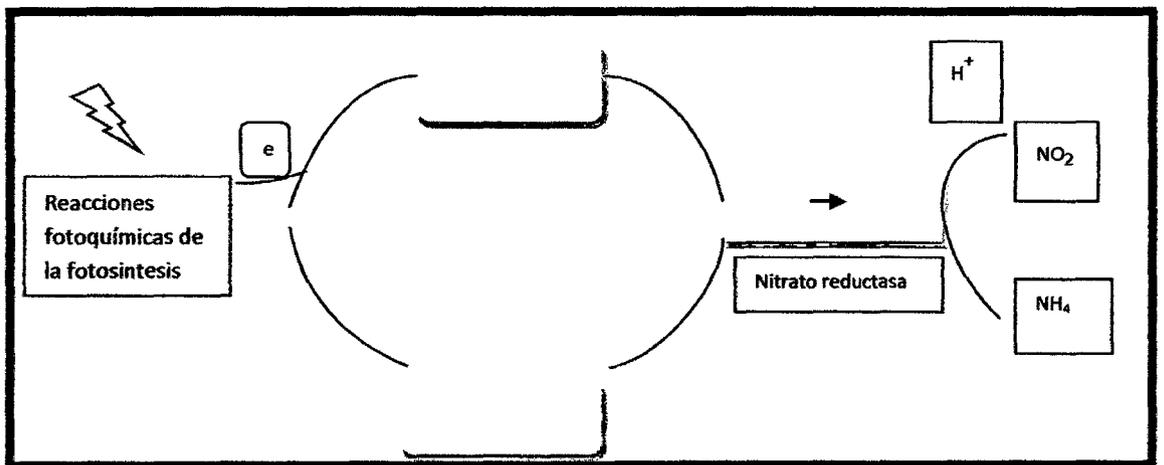


Figura 1. Modelo del acoplamiento del flujo de electrones fotosintéticos, vía ferredoxina, a la reducción del nitrito por la nitrito reductasa (Taiz and Zeiger, 1998).

d. Absorción del nitrato por las raíces

La absorción de NO_3^- está sujeta a una regulación positiva o de inducción y negativa. La última parece depender del nivel de N de la planta. Ha sido sugerido que el ciclo de los aminoácidos entre los tallos y las raíces sirve para proveer la información necesaria respecto del nivel de N en la planta, que le permite a las raíces regular la absorción de N (Cooper and Clarkson, 1989).

El transporte de NO_3^- al citoplasma a través del plasmalema es un proceso termodinámicamente desfavorable, tanto en términos de gradiente de potencial eléctrico (interior negativo) y un gradiente de potencial químico $[\text{NO}_3^-]_{\text{ext}} < [\text{NO}_3^-]_{\text{cit}}$. Lo último está basado en estimaciones de la $[\text{NO}_3^-]_{\text{cit}}$ las que varían entre 5-30 mM, mientras que los valores de $[\text{NO}_3^-]$ del suelo varían entre 0.1 y 1.0 mM (Henriksen and Spanswick, 1993).

La absorción del NO_3^- en las plantas terrestres está mediado al menos por tres sistemas de transporte que coexisten en las membranas plasmáticas de las células radicales. Estos sistemas pueden ser divididos en dos clases, referidos como sistemas de transporte de alta (STAA) y baja afinidad (STBA) por el NO_3^- (baja y alta K_m , respectivamente). Por otra parte, los STAA pueden ser constitutivos.

(STAAC) o inducibles (STAAI). Los STBA están involucrados en la absorción de altas concentraciones de NO_3^- ($> 0.2\text{mM}$), mientras que los STAAI y los STAAC están saturados con una baja concentración de NO_3^- externa (aproximadamente $100\ \mu\text{M}$) (Figura 2). En raíces de cebada, la actividad de los STBA es expresada sin una exposición previa al NO_3^- y este sistema de transporte estaría regulado negativamente por el nitrógeno acumulado en la planta (Vidmar et al., 2000).

El movimiento pasivo del nitrato a través de las membranas plasmáticas es probablemente vía canales iónicos; un canal permeable al nitrato el cual permite el flujo de aniones hacia la célula ha sido identificado en la membrana plasmática de protoplastos de trigo. Tal canal podría tener un rol en el sistema de absorción constitutivo. Aparentemente aunque la absorción pasiva sólo produzca concentraciones micromolares de nitrato en el citoplasma, éstas serían suficientes para inducir el transporte y asimilación del nitrato, sin la necesidad de un receptor de nitrato fuera de la célula (figura 3) (Miller and Smith, 1996).

Un canal de aniones también puede ser el mecanismo para la salida de nitrato. La dirección del flujo de aniones a través de un canal está determinada por el gradiente electroquímico del ión. La regulación de la actividad de un canal aniónico en la membrana plasmática podría ser importante en determinar la concentración de nitrato en el citoplasma, dado que si el transporte activo se mantiene, la salida a través del canal disminuirá rápidamente la concentración de nitrato en el citoplasma. Un canal abierto tiene una permeabilidad selectiva permitiendo que algunos iones fluyan pasivamente en función del gradiente electroquímico a un gran ritmo ($10^6 - 10^8$ iones seg^{-1}). Un simple canal de aniones abierto con un ritmo de salida de 10^7 iones seg^{-1} permitirá la caída de la concentración de nitrato citoplasmático de 4 mol m^{-3} a un valor de mmol m^{-3} (distribución pasiva del nitrato) en 50 – 200 segundos.

Por otra parte, el transporte activo es requerido en las membranas plasmáticas para mantener la concentración intracelular de nitrato. La fuerza protón motriz a través de la membrana plasmática puede proveer la energía necesaria para el transporte de nitrato. Se considera que el transporte de nitrato es un simporte con H^+ (figura 2).

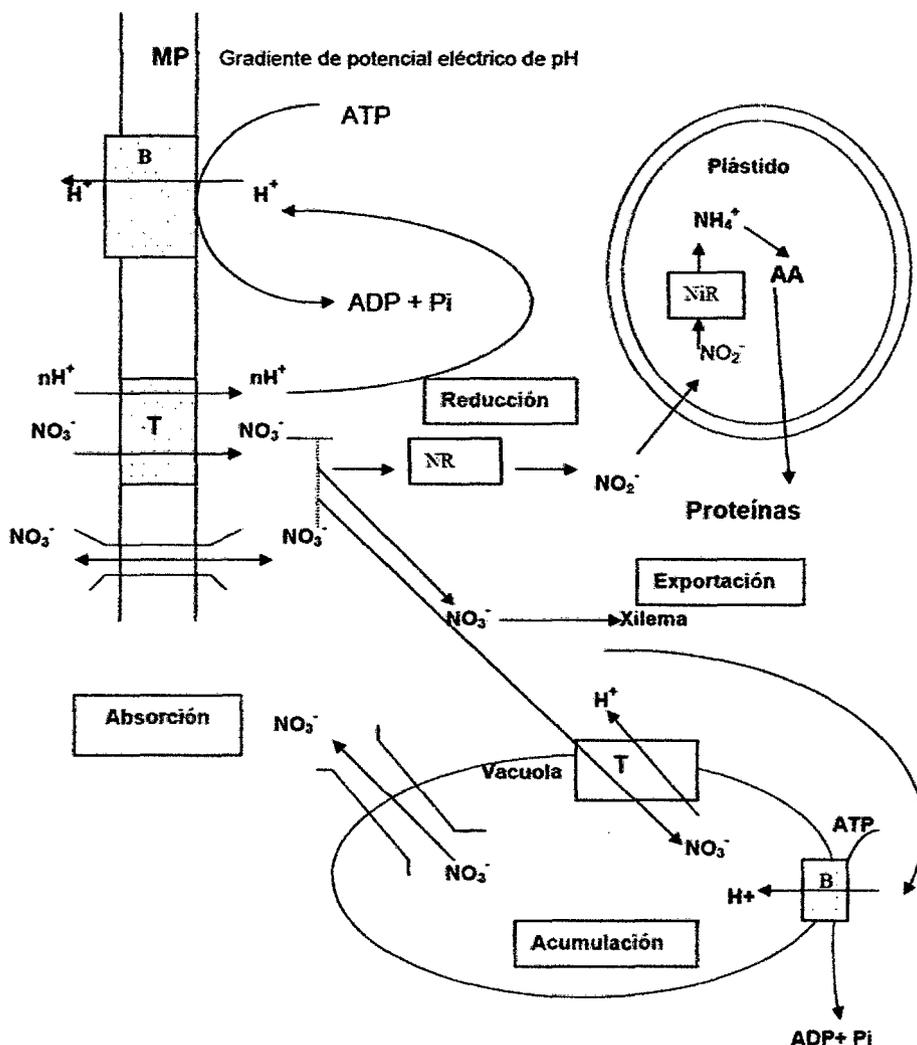


Figura 2. Representación esquemática del metabolismo del nitrato en la raíz. B: Atasa, bomba de protones; T: transportador; NR: nitrato reductasa; NiR: nitrito reductasa; MP: membrana plasmática; AA: aminoácidos (Morot-Gaudry, 1997) con modificaciones de la autora.

Las proteínas de los STAAI, son de 507 a 509 aminoácidos, con una masa molecular de 54 a 55 kD, incluyendo 12 regiones hidrofóbicas (transmembranas). Ha sido mostrado que el nivel de ARNm de estas proteínas aumenta rápidamente en respuesta al suministro de NO_3^- en plantas que crecían en condiciones con limitaciones de NO_3^- . El incremento en el nivel de transcritos está correlacionado con el incremento en el ingreso de NO_3^- . Los genes involucrados en la adquisición y reducción del NO_3^- fueron coordinadamente expresados bajo condiciones de inducción por NO_3^- . Por otra parte, la abundancia de los transcritos está regulada por un efecto feedback de las formas reducidas del nitrógeno más que por el nivel de nitrato. A nivel fisiológico la inhibición de los STAAI en un bajo estado estacionario después de alcanzar un pico de inducción ha sido argumentado que es el resultado de efectos de la acumulación de NO_3^- y/o los productos de su asimilación. Esta conclusión está basada en correlaciones entre la $[\text{NO}_3^-]$ en la célula y el ingreso de NO_3^- . Existen evidencias que el ingreso de $[\text{NO}_3^-]$ es inhibido por el NH_4^+ celular y/o los aminoácidos. Siendo regulado la absorción de nitrógeno por el ciclo de los aminoácidos entre la raíz, tallo y raíz (Cooper and Clarkson, 1989) (Figura 3).

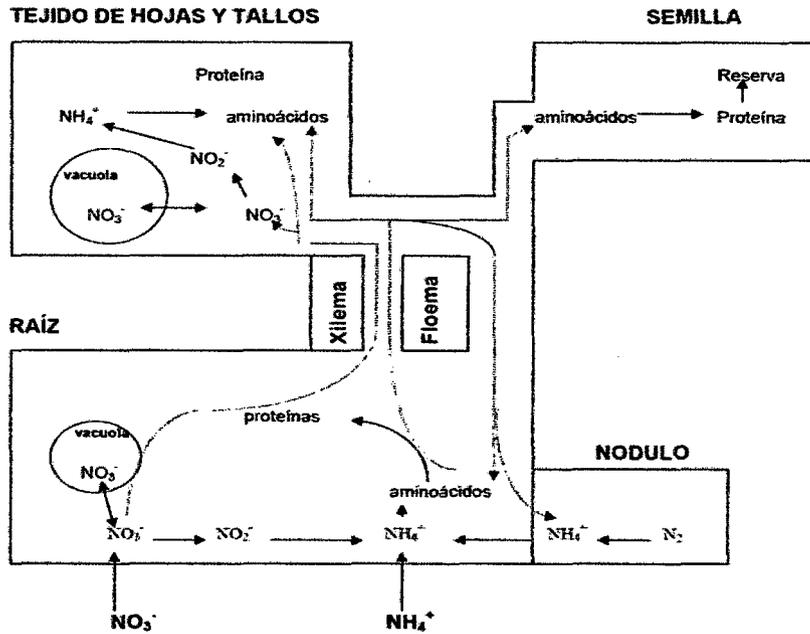


Figura 3. Absorción, reducción y acumulación de nitrato en los diferentes tejidos de la planta. Ciclo de los aminoácidos. (Lea and Leegood, 1993).

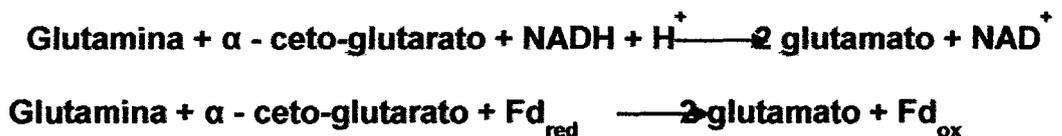
e. Asimilación del amonio

Las células vegetales evitan la toxicidad del amonio incorporándolo rápidamente en los esqueletos carbonados para formar aminoácidos (Figura 7 y 8). El paso primario de esta incorporación involucra las acciones secuenciales de la glutamina sintetasa y la glutamato sintetasa. La glutamina sintetasa (GS) combina el amonio con glutamato para formar glutamina:



Esta reacción requiere la hidrólisis de un ATP e involucra cationes divalentes como el Mg^{2+} , Mn^{2+} o Co^{2+} como cofactores. La GS tiene un

peso molecular de 350 kDa y está compuesta por 8 subunidades aproximadamente idénticas. La GS tiene una alta afinidad por el NH_4^+ siendo la K_m de 3-5 μM . Las plantas contienen dos clases de GS, una en el citoplasma y otra en los plástidos de las raíces o en los cloroplastos de tallos y hojas. Las formas citosólicas son expresadas durante la germinación de las semillas o en las células vasculares de raíces y tallos y producen glutamina para el transporte intracelular de nitrógeno. La GS en los plástidos de raíces genera nitrógeno amídico para su consumo; mientras que la GS de los cloroplastos de los tallos reasimila el NH_4^+ producido por fotorespiración. Al aumentar el nivel de glutamina aumenta la actividad de la glutamato sintasa (también conocida como glutamina 2-oxoglutarato aminotransferasa, o GOGAT). Esta enzima transfiere el grupo amida de la glutamina al α -ceto glutarato, dando 2 moléculas de glutamato. Las plantas contienen dos tipos de GOGAT, una que acepta los electrones del NADH, la otra acepta electrones de la ferredoxina:



f. Nitrato de amonio en las plantas

http://es.wikipedia.org/wiki/Nitrato_de_amonio, según la página web, nos indica que; el nitrato de amonio o nitrato amónico es una sal formada por iones de nitrato y de amonio. Su fórmula es NH_4NO_3 .

Se trata de un compuesto incoloro e higroscópico, altamente soluble en el agua.

El nitrato de amonio es un producto no inflamable, por lo que un fuego a partir de este es altamente improbable. Bajo circunstancias de calor extremo (por ejemplo un soplete) tenderá a descomponerse térmicamente.

- **Aplicaciones:**

El nitrato de amonio se utiliza sobre todo como fertilizante por su buen contenido en nitrógeno. El nitrato es aprovechado directamente por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo a nitrito o nitrato y sirve de abono de más larga duración.

Una parte de la producción se dedica a la producción del óxido nitroso (N₂O) mediante la termólisis controlada:



Esta reacción es exotérmica y puede ser explosiva si se lleva a cabo en un contenedor cerrado o calentando demasiado rápido. En el año 2000 se realizó por parte de EFMA, un compendio de ocho volúmenes que presentaban los "Mejores procedimientos industriales disponibles para la prevención de la producción y el control en la industria de fertilizantes europea", en respuesta a las normativas europeas y españolas.

En la actualidad, existen en Europa, según EFMA, en torno a diez métodos diferentes para la producción industrial del nitrato de amonio

en sus diferentes riquezas, no existe un único procedimiento que pueda ser considerado como el más ventajoso respecto al resto, debido fundamentalmente a dos razones:

- Las consideraciones comerciales influirán en la elección de un proceso u otro.
- Se puede obtener el mismo producto, con características similares mediante la utilización de métodos distintos.

Por ello se incidirá en primer lugar de manera general sobre cada uno de los pasos del proceso, estableciendo a continuación las mejores soluciones que existen para resolver los problemas planteados.

En México, es un producto regulado por la "Secretaría de Defensa Nacional" (SEDENA) con medidas claras y rigurosas bajo la "Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos" así como su Reglamento.

- Usos:

Uso en fertilizante

La sal altamente soluble en agua es la fuente preferida del nitrógeno de fertilizantes. La mayor parte del nitrato de amonio producido termina por lo tanto en la producción de fertilizantes. Sin embargo, la salida de exceso del nitrato de amonio es una fuente principal de la basura ambiental. Durante Los apuros, el fertilizante del nitrato de amonio era ilegal adentro Irlanda del Norte porque fue utilizado como oxidante para los explosivos por IRA.

- **Absorción:**

Las formas iónicas que una raíz puede absorber son el nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+). Como la mayor parte del nitrógeno del suelo está en forma orgánica, es necesaria una actividad microbiológica que lo convierta en amonio o nitrato (*Nitrosomas* y *Nitrobacter* son las bacterias más comunes en esta tarea).

- **Asimilación:**

Si la planta absorbe nitrato, tiene que reducirlo a forma amoniacal antes de que pase a formar parte de los compuestos orgánicos. El amonio no se acumula, sino que se incorpora directamente a compuestos como la glutamina, procedentes del ciclo de Krebs.

3.2.4. El fósforo en el crecimiento de las plantas

Según el fósforo forma parte de moléculas de carácter energético como puede ser el ATP o el NADPH. En este último caso forma un enlace éster fosfórico con grupos hidroxilos y en el otro, en el ATP, forma enlaces tipo anhídrido de ácido ricos en energía.

El fósforo (P) y el potasio (K), son después del nitrógeno los elementos que una planta más requiere. El P, es absorbido por la planta principalmente como ion ortofosfato primario (H_2PO_4^-), pero también se absorbe como ion fosfato secundario ($\text{HPO}_4=$), la absorción de esta última forma se incrementa a medida que se sube el pH. Una vez dentro de la raíz, el P puede quedarse almacenado en esta área o puede ser transportado a las

partes superiores de la planta. A través de varias reacciones químicas el P se incorpora a compuestos orgánicos como ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosfatados ricos en energía como la adenosina trifosfato (ATP). El P, se mueve en la planta en forma de iones ortofosfato e incorporado en compuestos orgánicos formados. De esta forma el P se mueve a otras partes de la planta donde estará disponible.

Realiza una función clave en la fotosíntesis, la respiración celular y todo el metabolismo energético. También tiene un papel estructural como enlace fosfodiéster presente en los ácidos nucleicos y en los fosfolípidos. Tiene una función metabólica, en la regulación de la síntesis y transporte de hidratos de carbono. Favorece el desarrollo de las raíces al comienzo de la vegetación.

El fósforo se comporta como elemento muy móvil que se distribuye fácilmente por toda la planta. Contenido de P en tejidos vegetales se encuentra en el intervalo 0.3-0.5% en peso seco.

La distribución de fósforo en la planta: una parte se encuentra ligada a moléculas orgánicas de interés como ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP, azúcares fosfato, pectatos (en la pared celular) y fitatos (en semillas y órganos de reserva). Otra parte del P se encuentra en forma iónica libre, el 75% en las vacuolas y el 25% restante, en la matriz y los orgánulos citoplasmáticos, en equilibrio con los ciclos metabólicos.

a. Importancia del fósforo en las plantas

El fósforo (P) es esencial para el crecimiento de las plantas. Actúa en la fotosíntesis, la respiración, almacenamiento y transferencia de la energía, interviene en la división celular y en muchos otros procesos de la planta:

- Ayuda a un rápido desarrollo radicular, sobre todo a las raicillas laterales y fibrosas,
- Aumenta la eficiencia del uso del agua,
- Acelera la madurez,
- Contribuye a aumentar la resistencia a algunas enfermedades,
- Mejora la calidad de los frutos, cereales, verduras, forrajes, etc.,
- Incrementa la producción de las cosechas,
- Promueve la presencia de leguminosas; sin ellas no hay fijación de nitrógeno del aire y, por lo tanto disminuye el mejoramiento de la fertilidad del suelo,
- Incrementa la producción de los forrajes,
- Mejora, entre otras cosas, la sanidad, el engorde y la madurez sexual de la hacienda,
- Aumenta la actividad biológica del suelo.

b. Superfosfato triple en las plantas

Descripción

El Fósforo desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y el crecimiento celular y otros procesos de las plantas. Sólo una pequeña cantidad del fósforo del suelo (que proviene de degradación de minerales)

es posible disponerlo para las plantas, por lo que hay que mejorarlas con fertilización.

La fertilización con fósforo es clave, no sólo para restituir los niveles de nutriente en el suelo, sino también para obtener plantas más vigorosas y promover la rápida formación y crecimiento de las raíces, haciéndolas más resistentes a la falta de agua.

El Fósforo también mejora la calidad de frutas y granos, siendo vital para la formación de las semillas. La deficiencia de fósforo retarda la madurez del cultivo.

SPT es el fertilizante fosfatado de mayor concentración disponible, con 44 a 48 % de P_2O_5 y 40 a 45 % de P_2O_5 soluble en agua.

Cuadro 1: Composición

Análisis típicos	Unidad	Resultado
Fosforo Total (P_2O_5)	%	48
Fosforo disponible (P_2O_5)	%	46
Calcio (Ca)	%	14
Agua	%	4.5

Fuente: <http://www.bioendesa.com.ar/wp-content/uploads/2012/11/Super-Fosfato-Triple-SPT-Circular-Tecnica.pdf>

Aplicaciones

Por su carácter ácido, el Súper Fosfato Triple reacciona con el suelo en las vecindades de donde se aplica. El gránulo colocado en el suelo se disuelve por la humedad aumentando la presión osmótica alrededor éste y resulta una solución fertilizante que reacciona con el suelo circundante. Esta solución

ácida disuelve parte de los minerales de hierro, aluminio, magnesio y calcio del suelo, formando precipitados de Fósforo de distintas solubilidades.

STP es el fertilizante ideal para praderas consorciadas. Incrementa los rendimientos de materia seca y la calidad del forraje.

Es utilizado sólo o en mezclas, al voleo o en surcos incorporado, según la zona, suelo y cultivo.

Cuadro 2: Dosis y utilización

	Dosis	Utilización
Cereales y Oleaginosas	De 80 a 300 Kg.ha ⁻¹	
Hortalizas	De 150 a 200 Kg.ha ⁻¹	A la siembra o poco después del transplante
Praderas y campos naturales	De 80 a 300 Kg.ha ⁻¹	A la siembra o al voleo

Fuente: <http://www.bioendesa.com.ar/wp-content/uploads/2012/11/Super-Fosfato-Triple-SPT-Circular-Tecnica.pdf>

Es aconsejable un análisis de suelo para realizar una dosificación correcta.

3.2.5. El potasio en las plantas

Descripción

El potasio es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal y es indispensable en la agricultura moderna de altos rendimientos. Los cultivos absorben potasio en grandes cantidades, igual o incluso más que el nitrógeno. El potasio es vital para los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas, y no solo aumenta los rendimientos de los cultivos, sino que también beneficia a muchos aspectos de la calidad del cultivo. Por lo tanto la

aplicación de potasio trae aparejados productos agrícolas de alto valor y máximos rendimientos económicos para los agricultores.

En muchos de los procesos metabólicos de la planta, el potasio juega un rol clave: es esencial en la fotosíntesis, activa más de 60 sistemas enzimáticos, promueve la síntesis, translocación y el almacenamiento de carbohidratos y optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales. Estas múltiples funciones vitales del potasio hacen que sean numerosos los efectos positivos de la fertilización potásica: promoción del crecimiento radicular, aumento de la resistencia a la sequía y a las heladas, disminución de la incidencia de plagas y enfermedades, reducción de la tendencia al vuelco de cereales e incremento de la nodulación en leguminosas. Todos estos efectos explican porque el potasio aumenta el rendimiento y la calidad de los cultivos.

Beneficios

El potasio es conocido como el “elemento de calidad” para la producción agrícola.

Una nutrición potásica adecuada mejora muchos aspectos de calidad de los cultivos: mayor porcentaje comercializable del rendimiento total, aumento en el porcentaje de proteínas en los granos, mayor contenido de aceite y vitamina C, mejora en el color y sabor de las frutas, aumento del tamaño de frutos y tubérculos, menores pérdidas durante el almacenamiento y transporte, y vida más larga de las frutas y hortalizas en los anaqueles del supermercado.

Debido a la importancia de las funciones del potasio en la fisiología de las plantas y en el rendimiento y calidad de los cultivos, es fundamental indicar que en el mercado mundial existen muchos y diversos fabricantes y abastecedores de fertilizantes potásicos. Uno de los más grandes y sin duda el más singular, es la empresa Dead Sea Works (DSW) de Israel, que utiliza el agua del mar muerto para extraer y elaborar diversos productos minerales.

a. Cloruro de potasio (KCl)

Cristales o granular, soluble en agua, no combustible y de baja toxicidad. Fertilizante con aportación de potasio como K_2O de 60%. El cloruro de potasio es el compuesto fertilizante con mayor contenido de potasio, sin embargo, por su alto contenido de cloro de 47% y siendo éste tóxico para algunos cultivos, su uso se restringe y se recomienda exclusivamente para los cultivos con alta tolerancia al cloro como las gramíneas, sin olvidar que por su afinidad con el sodio de los suelos forma la sal cloruro de sodio NaCl que es causa de la alta salinidad y degradación de los suelos fértiles.

3.2.6. Los micronutrientes en las plantas

Importancia de los micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo, y Co)

Los micronutrientes o elementos menores son llamados así debido a que las plantas requieren de ellos en pequeñas cantidades y a pesar de que en muchos suelos se encuentran disponibles en cantidades adecuadas, la explotación intensiva de los suelos así como la textura de los mismos,

produce deficiencia de los micronutrientes, por lo que se hace necesario un análisis de suelos para la corrección y ajuste adecuados.

Estos micronutrientes o elementos minerales no pueden ser sintetizados por las plantas y la única manera de ser proporcionados al suelo ha sido hasta ahora a través de la incorporación de materia orgánica en forma de compostas animales o vegetales, aunque sin llegar a las necesidades requeridas. Mediante los productos que actualmente se encuentran en el mercado, estos minerales en forma de sulfatos, nitratos, carbonatos, etc., es posible cumplir con los requerimientos para la regeneración en los suelos de estos elementos en forma individual y también en mezclas preparadas para cada cultivo en especial.

a. Características y actividad metabólica de los micronutrientes

Fierro (Fe).- Esencial en la formación de clorofila y en la fotosíntesis. Activador en algunos procesos enzimáticos. Necesario en la respiración y parte vital en el sistema de transportación de oxígeno y procesos de oxidación de las plantas. Corrector de la deficiencia de fierro en la clorosis.

Zinc (Zn).- Esencial para la transformación de carbohidratos en la función clorofiliana y en la regulación de consumo de azúcares en la planta. Parte fundamental en los sistemas enzimáticos que regulan la fecundación y el crecimiento de las plantas.

Manganeso (Mn).- Acelera la germinación y maduración participando en los procesos vitales durante el crecimiento de la planta. Aumenta el

sufre una oxidación a Fe (III). Una vez en forma de Fe (III) se transporta a las partes superiores de la planta vía xilema, forma de complejo soluble de dicitrato (Tiffin, 1970; Cambell y Redinbaugh, 1984), una vez el Fe llega a las hojas, debe atravesar de nuevo la membrana plasmática de las células foliares. Este paso requiere de nuevo la reducción de Fe (III) a Fe (II) proceso que es llevado a cabo por una enzima reductasa similar al de la raíz. Aunque el transporte se realiza vía xilema, también se ha encontrado Fe en el Floema.

c) Funciones de hierro en las plantas

La facilidad del hierro para cambiar de estado de oxidación y formar quelatos estables y solubles hace que esté implicado en un gran número de funciones fisiológicas.

Al igual que para el resto de nutrientes el punto de partida del Fe en el suelo son los minerales primarios (Olivino, Augita, Homblenda y Biotita).

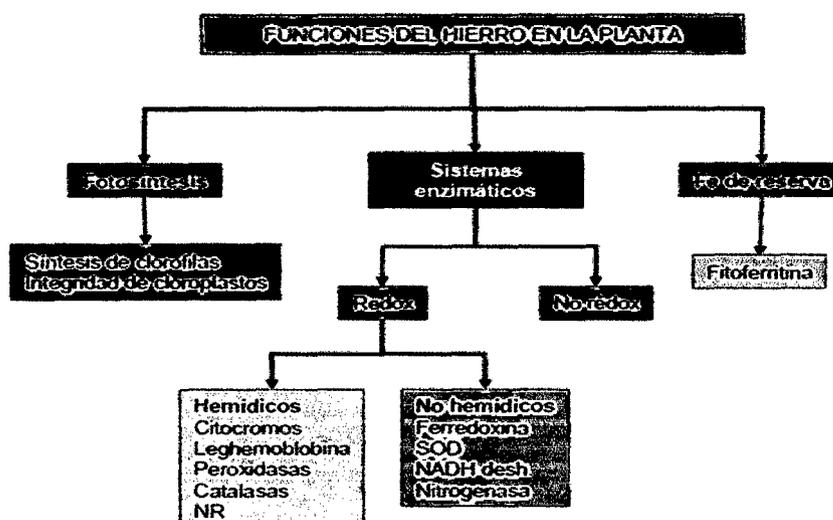


Figura 5: Funciones del hierro en la Planta

Fuente: Funciones de Fe en la planta (Álvarez – Fernández, 2000)

d) Movilidad de Fe en las raíces

Según Quinteros (1995), las concentraciones de hierro en la raíces normalmente es superior al de las hojas, lo que refleja en cierta medida la disponibilidad de hierro en el suelo. Diferentes investigaciones muestran que la acumulación de hierro en las raíces puede ser explicada por la acción de fitosideróforos (compuestos quelantes en las plantas), que movilizan hierro insoluble de suelo y lo transportan hacia las raíces.

3.2.8. Hierro quelatado

El uso de los quelatos de hierro se ha extendido a todas las partes del mundo donde tiene lugar la clorosis férrica. Su aplicación en España comenzó a mediados del siglo pasado. El agente quelante de uso más común para la obtención de quelatos es el EDTA. Sin embargo en el caso concreto del FeEDTA, sólo es estable en condiciones ácidas, por lo que fue necesario diseñar nuevos quelatos de hierro con diferentes ligandos que permitieran su uso en condiciones neutras o alcalinas; por lo general se trata de ácidos poliaminocarboxílicos:

EDTA ⇒ Ácido etilendiaminotetraacético.

DTPA ⇒ Ácido etilentriaminopentaacético.

EDDHA ⇒ Ácido etilendiamino-di-(o-hidroxifenilacético).

EDDHMA ⇒ Ácido etilendiamino-di-(o-hidroxip-metilfenilacético).

El quelato sintético FeEDDHA ha sido el quelato de hierro más eficaz para la corrección de la clorosis inducida por carbonatos durante más de 30 años

(Wallace, 1983). Sin embargo, uno de sus mayores problemas es su excesivo costo para un uso general.

Los principales factores que van a influir en la capacidad para mantener el hierro de los quelatos en forma disponible se pueden resumir en los siguientes:

1. Estabilidad del quelato férrico.
2. Reactividad del quelato férrico con los componentes del suelo.
3. La capacidad de las plantas para tomar el hierro aportado por el Quelato.

3.2.9. Factores que influyen en la disponibilidad de los elementos nutritivos

El contenido en nutrientes de los suelos de cultivo depende tanto del material de partida, como de los aportes de fertilizantes, sin olvidar la posible acción de la contaminación atmosférica, que puede motivar incrementos significativos de la concentración de determinados elementos en zonas con cantidades importantes de deposición por vía húmeda y/o seca.

Esencialmente, los factores que afectan a la disponibilidad de nutrientes son pH, contenido en materia orgánica, textura y potencial redox (Loué 1988). Debido a la complejidad de las reacciones químicas y de los procesos que determinan el aumento o la pérdida de nutrientes en el suelo, es difícil predecir el comportamiento de los mismos. Como primera aproximación, y en base a la extracción con reactivos más o menos selectivos y específicos para una forma o asociación fisico-química particular, se admite (Alloway, 1995)

que los nutrientes del suelo se pueden encontrar en 5 fracciones o estados: soluble, intercambiable, asociados a la materia orgánica, asociados a óxidos, asociados a minerales primarios y secundarios. También se admite que la fracción más lábil, en la que se encuentra la porción de un elemento asimilable a corto y medio plazo está formada por los tres primeros estados: soluble, intercambiable y asociada a la materia orgánica.

Por tanto, el contenido total de un nutriente en un suelo no da idea de la cantidad que está disponible para la planta.

3.2.10. Suelos calcáreos

De acuerdo con Duchaufour (1970), los suelos derivados de materiales parentales calizos quedan incluidos dentro de los suelos calcimórficos, siendo la denominación "suelos calcáreos" un término generalizado, pero no una clasificación pedológica dentro de los esquemas de clasificación de suelos.

Disponibilidad de hierro en suelos calcáreos

Lara *et al.*, (2004), señala, que aunque el Fe es el micro elemento más abundante en los suelos y proporcionalmente se considera el cuarto elemento en peso de la corteza terrestre, no todas las formas son asimilables, en suelos de pH alto (cerca de 8) las deficiencias de P y Fe son comunes. La clorosis férrica en plantas se produce por insuficiente absorción de Fe aunque a veces puede ser debido a la inactivación del Fe dentro de la planta (Ioué 1988; Fuentes, 2002).

Actualmente se sabe que la solubilidad de los óxidos de Fe es mínima en el intervalo de pH 7.5 – 8.5 y es precisamente ese el pH que tienen los suelos calizos. Por ello, en el problema de la clorosis férrica están implicadas la naturaleza y las características de las distintas formas de hierro y de los carbonatos presentes en el suelo (Del Campillo, 1994).

En suelos básicos o alcalinos, a pesar de tener suficiente cantidad de hierro, puede ocurrir que las plantas no puedan absorber suficiente debido a las condiciones del medio.

La concentración del ión bicarbonato en la disolución del suelo ha sido correlacionada con la incidencia de la clorosis férrica. El pH de la disolución y la concentración de HCO_3^- son controlados por las reacciones de equilibrio del carbonato en fase sólida:

Navarro (2003), señala que el hierro interviene en muchos procesos vitales para la planta, formando parte de diversos sistemas enzimáticos, bien como un componente metálico específico de los enzimas, bien como uno de los varios metales igualmente necesarios para la actividad de los enzimas correspondientes.

3.2.11. Metabolismo de los iones en las plantas

Las raíces de las plantas absorben iones (nutrientes) de la solución del suelo y, como consecuencia, para mantener el equilibrio entre la fase sólida y líquida se produce la desorción o disolución desde la fase sólida, pero no toda

la cantidad de un elemento existente en la fase sólida del suelo puede ser transferido a la solución (Rajj 1998). Además de la extracción por el sistema radicular, numerosos procesos afectan a la movilidad y retención de los elementos en el suelo, y entre los principales cabe citar: la meteorización, la solubilización, la precipitación, la inmovilización por los organismos del suelo y el lavado. Por otro lado, la disponibilidad de los nutrientes del suelo no sólo está relacionada con los procesos que afectan a su retención o movilidad sino que depende de diversos factores físico-químicos.

3.2.12. Movimientos de los iones del suelo a la raíz

Para que un nutriente pueda ser absorbido por las raíces de las plantas debe encontrarse disuelto en la solución del suelo. Generalmente las plantas absorben formas minerales iónicas de los diferentes, en algunos casos pueden absorber moléculas orgánicas simples pero en general son procesos minoritarios respecto a los anteriores. Para que cualquier compuesto sea absorbido por una planta, éste debe de estar en contacto con su raíz (López 2009).

Ramos (2006), menciona que los nutrientes llegan a las raíces a través de tres mecanismos; Flujo de masas, difusión e intercepción radicular.

a) Flujo de masas

López (2009), afirma que los compuestos son transportados en forma de iones a la raíz vía flujo de agua. Las plantas transpiran agua lo cual causa un gradiente que permite al agua fluir hacia la raíz. Si los compuestos se

encuentran en forma soluble en agua, serán absorbidos a través de la raíz. Este es un mecanismo importante por medio del cual la planta absorbe nutrientes o iones que están abundantemente en el suelo, pero se encuentran débilmente fijados al él, como lo son el Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , Cl^- y H_3BO_3 . Los factores que influyen en el flujo de masa son la textura (poca humedad en el suelo disminuye el flujo de masa), el tamaño del sistema de raíces de la planta (profundidad, grosor), la temperatura del suelo (temperaturas frías reducen la transpiración de la planta).

Ormeño (2010), sostiene que consiste en el movimiento del elemento de una fase acuosa (solución) de una región más húmeda, distante de la raíz, hacia otra más seca (próxima a la superficie radicular). La cantidad que puede entrar en ese proceso es:

$$Q_{fm} = [M] \cdot V$$

Dónde: $[M]$ = Concentración del elemento en la solución.

V = Volumen de agua absorbida por el cultivo.

b) Difusión

Según López (2009), la difusión es la migración espontánea de sustancias de regiones de alta concentración a regiones donde la concentración es más baja. También sostiene que, la difusión iónica ocurre en la solución del suelo. Los iones disueltos en la solución del suelo se moverán de zonas de mayor concentración a zonas de menor concentración. El área alrededor de la raíz en una planta con crecimiento activo tiene una baja concentración de nutrientes, así que los nutrientes

que se encuentran en la solución del suelo, migrarán hacia el área de la raíz. Los nutrientes que son absorbidos por las raíces de las plantas a través de este mecanismo son el potasio (K) y el fósforo (P), ambos son de baja solubilidad. El principal factor que influye en la difusión es el gradiente de concentración. El gradiente de concentración es el radio de difusión de los compuestos o nutrientes en el suelo, y ésta dado por el coeficiente de tortuosidad del suelo, el área de la raíz. La tortuosidad es el camino que los iones toman en la difusión. Una porosidad del suelo grande y una adecuada humedad hacen decrecer la tortuosidad, haciendo que la difusión sea más fácil y ocurra más. A poros pequeños (suelos arcillosos) y reducida humedad, la tortuosidad se incrementa. La movilidad de los iones o átomos es afectada la temperatura porque el rango de difusión se hace mayor al incrementar la temperatura, así también, a bajas temperaturas la difusión se ve limitada. Las propiedades químicas y físicas del suelo también influyen en la movilidad de iones. A bajos pH la difusión de iones se da más rápidamente que en pH alcalinos. El porcentaje de agua remanente en un suelo dos días después de haber sido saturado y permitido drenar libremente, es conocido como capacidad de campo.

c) Intercepción radicular

El sistema de raíces en la planta es el encargado de la absorción de nutrientes ya sean móviles o no. Los nutrientes "móviles" forman compuestos solubles que no interactúan con los sólidos del suelo y podemos hallarlos en concentraciones comparativamente altas en la

solución del suelo. La zona de absorción de estos será comparativamente más grande a la de los nutrientes que no lo son. Un ejemplo son los nitratos (NO_3^-). Los nutrientes inmóviles son insolubles y se encuentran fijados a partículas sólidas en el suelo. La zona de absorción para estos nutrientes se encuentra mayormente localizada alrededor de las raíces; éste es el caso del potasio y del fósforo.

3.2.13. Absorción de iones (Nutrientes)

Según Ramos (2006), los iones de los nutrientes deben estar disueltos en el agua del suelo (solución suelo) para que las plantas puedan absorberlos. Estos iones pasan desde la solución del suelo hasta el centro vascular de las raíces a través de membrana celular. El movimiento a través de la membrana puede ser activo o pasivo.

a. Membranas vegetales

El funcionamiento de las células vegetales depende de la regulación adecuada del tráfico de iones y moléculas a través del plasmalema y entre los distintos compartimentos celulares. El flujo de iones permite la génesis, el mantenimiento y la regulación de la turgencia; la nutrición mineral; los procesos de adaptación a condiciones salinas o acumulación de sustancias nocivas, como metales pesados e iones radioactivos. Así mismo, el tráfico de iones en las células oclusivas de los estomas está relacionado con el mecanismo de apertura y cierre de los mismos, permitiendo la regulación de los procesos de transpiración y fotosíntesis

Con una proporción diversa todas las membranas celulares contienen prácticamente los mismos componentes, cuyo ensamblaje da lugar a la formación de barreras de permeabilidad selectiva para el paso de sustancias a través de ellas (Clarkson 1987).

Los principales lípidos que forman las membranas de las células vegetales son fosfolípidos y esteroides. Los primeros son muy abundantes y proporcionan fluidez, los segundos, menos abundantes, proporcionan rigidez. La proporción de cada uno de ellos varía entre las dos capas que constituyen la membrana y determina la orientación de las proteínas que contiene (Clarkson 1987). La presencia de proteínas en las membranas confiere una serie de características bioquímicas y la capacidad para transportar sustancias.

b. Transporte de iones a través de membranas vegetales

Las proteínas transportadoras o sistemas de transporte están incluidas en las membranas y, cuando se activan, son permeables al paso de iones o metabolitos, permitiendo que dichos solutos fluyan a través de la membrana. El correcto funcionamiento de estos sistemas de transporte permite el mantenimiento de gradientes metabólicos e iónicos esenciales para el crecimiento, desarrollo y transducción de señales en plantas.

El transporte de los iones o de cualquier otro soluto, salvo las pequeñas moléculas gaseosas, se realiza a través de las proteínas transportadoras, sin que el sustrato que se transporta contacte con la región lipofílica de la

membrana (Clarkson 1967). Las proteínas transportadoras son proteínas de membrana que proporcionan vías orientadas en un sentido determinado para dirigir el movimiento de la sustancia que transportan (Sanders y Bethke 2000).

1. Transporte pasivo

El flujo difusivo o a favor de gradiente es mediado por proteínas, denominadas canales, incluidas en la membrana que pueden abrirse o cerrarse (gating) constituyendo poros selectivos para el paso de iones, siendo los principales en células vegetales: K^+ , Ca^{2+} , Na^+ y Cl^- (Rubio 2004). Así mismo, los canales también permiten el paso de moléculas de agua, función atribuida a las denominadas acuaporinas.

Según Sánchez (2007), el elemento entra sin que la célula necesite gastar energía, desplazándose de una región de mayor concentración a una de menor concentración. Con esta absorción se da el 15% del total absorbido. Tiene las siguientes características:

- Se da en células vivas o no
- Independiente de la respiración
- No requiere energía
- Aeróbico y anaeróbico

2. Transporte activo

Rubio (2004), sostiene que los sistemas de transporte activo permiten el flujo de los iones o solutos en contra de su gradiente de potencial electroquímico. Se distinguen dos tipos de sistemas en función de la

energía que utilizan para impulsar el transporte. Así, en plantas los transportadores primarios o bombas realizan el transporte consumiendo energía metabólica (ATP ó PP_i). El segundo grupo lo forman los transportadores secundarios o carriers que utilizan la energía asociada al flujo difusivo de un ión, en un proceso de cotransporte, para impulsar el movimiento de sustancias en contra de gradiente.

Según Sánchez (2007), corresponde a un segmento donde M (elemento en solución) atraviesa una barrera lipídica del plasmolema hasta el tonoplasto, para esto necesita gastar energía en la respiración. El mecanismo o mecanismos para la absorción activa no está totalmente explicado, lo que se sabe al respecto es que:

- El transporte activo consiste en una operación de una bomba iónica (en sentido hidráulico) y,
- Una enzima ATPasa, localizada en el plasmolema activada por cationes con diferentes especificidades, bombeando H⁺ hacia fuera del citoplasma. Tiene las siguientes características:
 - Se da con la célula viva
 - Ligada a la respiración
 - Requiere energía

Principios de la absorción de solutos (Sánchez, 2007)

- Muchos solutos se acumulan en el interior de las células. Razón de acumulación: exterior [-], interior [+].

- La absorción de solutos es específica y selectiva. Absorción de K^+ es selectivo a pesar que Na^+ es semejante.
- Los solutos absorbidos a menudo salen con lentitud, eso indica que la absorción es unidireccional sobre todo.
- La rapidez de absorción de solutos varía con la concentración, velocidad de absorción vs. concentración. En plantas cultivadas eso significa frecuencia de aplicación.



IV. MATERIALES Y METODO

4.1. Materiales

- Materiales de Campo

- Manguera
- Palana
- Rastrillo
- Machete
- Probeta
- Maceta de 7 kg.
- Zaranda
- Balanza Analítica.
- Vernier o pie de rey.
- Alambre galvanizado N° 14.
- Baldes de 20 lt.
- Alambre galvanizado N° 16.
- Nylon.
- Malla Rashell.
- Maceta Plástica de 7 kg.

- Insumos

- Nitrato de Amonio.
- Cloruro de Potasio.
- Superfosfato Triple.
- Oligomix.

- Ultra Ferro.
- Suelo Agrícola.
- Semilla ecotipo Pucallpa.

- **Materiales de Gabinete**

- Papel Blanco Bond A4.
- Cuaderno de apuntes y registro.
- Equipo GPS.
- Cámara digital profesional.
- Computadora portátil.
- Calculadora.

4.1.1. Ubicación del área experimental

El presente trabajo de investigación se ejecutó en las instalaciones del fundo de la Dirección Regional de Agricultura San Martín (DRASAM), – Cuarentenario, situada en el distrito en el Tarapoto, provincia y departamento de San Martín.

La ubicación política y geográfica se menciona a continuación:

- Ubicación geográfica:

Latitud Sur : 06° 30 ' 39"

Longitud Oeste : 76 ° 22 ' 53 "

Altitud : 260 msnmm

- **Ubicación Política**

Fundo	: Cuarentenario
Distrito	: Tarapoto
Provincia	: San Martín
Región	: San Martín

4.2. Metodología

4.2.1. Material genético de sachu inchi usado para el estudio

Para el estudio en el vivero se utilizó el ecotipo Pucallpa procedente de la comunidad nativa de Lamas - Pucallpa, seleccionadas de plantaciones libres de problemas fitosanitarios, con alto rendimiento y el material suelo que se utilizó fue recolectado del caserío Dos de Mayo distrito de San Pablo, provincia de Bellavista, departamento de San Martín, realizando un análisis inicial de suelo para la interpretación de nutrientes.

4.2.2 Características del Ecotipo

- Hábito de Crecimiento : Trepador
- Diámetro de cápsula : 5.31 cm.
- Diámetro de semilla : 2.07 cm.
- Porcentaje de cáscara : 48.0
- Porcentaje de semilla : 52.0
- Peso de 100 semillas : 110.52 g.
- Nº de Cosechas/Año : 18 - 22
- Susceptibilidad a *Meloidogyne incognitpa* : Moderado
- Susceptibilidad al stress hídrico : Susceptible

- Rendimiento en cápsula al 1er año (Kg/ha/Año) : 1200-1500
- Rendimiento en cápsula al 2 do año (Kg/ha/Año) : 4 800-5000

4.2.3. Componentes estudiados

Se trabajó con 4 fuentes, Nitrato de Amonio, Superfosfato Triple, Cloruro de Potasio, y Oligomix. Cada tratamiento no tendrá uno de estas fuentes, existirán 6 tratamientos, a su vez tendrán 4 dosis de aplicación y tres repeticiones; estos tratamientos se realizaron uno en presencia de Fe quelatado y otro en ausencia de Fe quelatado, haciendo un total de 36 macetas, el suelo para este trabajo de investigación se obtuvo del caserío de 2 de Mayo, distrito de San Pablo – Bellavista, después se aplicó Nitrógeno, Fosforo y Potasio, bajo la fórmula 100 – 80 – 100, respectivamente.

Cuadro 3: Tratamientos del experimento con Hierro quelatado (2 g/maceta de Fe quelatado).

Tratamientos Cada Tratamiento = 1 maceta	Fuentes por cada Aplicación. (Total son 3 aplicaciones)			
	Nitrato de Amonio (NH ₄ NO ₃)	Superfosfato Triple Ca (H ₂ PO ₄) ₂ .	Cloruro de Potasio KCl	Oligomix 2.21g / 4L de agua
T1	0.7 g	0.4 g	0.39 g	✓
T2	-	0.4 g	0.39 g	✓
T3	0.7 g	-	0.39 g	✓
T4	0.7 g	0.4 g	-	✓
T5	0.7 g	0.4 g	0.39 g	-
T6	-	-	-	-

Cuadro 4: Tratamientos del experimento sin Hierro quelatado.

Tratamientos Cada Tratamiento = 1 maceta	Fuentes por cada aplicación (Total son 3 aplicaciones)			
	Nitrato de Amonio (NH ₄ NO ₃)	Superfosfato Triple Ca (H ₂ PO ₄) ₂ .	Cloruro de Potasio KCl	OLIGOMIX 2.21g / 4L de agua
T1	0.7 g	0.4 g	0.39 g	✓
T2	-	0.4 g	0.39 g	✓
T3	0.7 g	-	0.39 g	✓
T4	0.7 g	0.4 g	-	✓
T5	0.7 g	0.4 g	0.39 g	-
T6	-	-	-	-

4.2.4. Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 6, y fueron procesados con el programa estadístico SPSS 19.

Cuadro 5: Componentes estudiados.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	OLIGOMIX (micronutriente)	
L T1	x	x	x	x	1 maceta
e T2	-	x	x	x	1 maceta
y T3	X	-	X	X	1 maceta
T 4	X	X	-	X	1 maceta
e T5	X	X	X	-	1 maceta
n T6	-	-	-	-	1 maceta

Leyenda: (x) se aplicó el producto, (-) no se aplicó el producto.

En el T1: se adicionó N, P₂O₅, K₂O y Oligomix, que nos dio como resultado 1 maceta.

En el T2: se adicionó, P₂O₅, K₂O y Oligomix, que nos dio como resultado 1 maceta.

En el T3: se adicionó N, K₂O y Oligomix, que nos dio como resultado 1 maceta.

En el T4: se adicionó N, P₂O₅ y Oligomix, que nos dio como resultado 1 maceta.

En el T5: se adicionó N, P₂O₅, K₂O, que nos dio como resultado 1 maceta.

En el T6: No se adicionó ninguna fuente, que nos dio como resultado 1 maceta.

Tratamientos

Se trabajó con 6 tratamientos, aplicando Nitrato de amonio, Superfosfato Triple de Calcio, Cloruro de Potasio y Oligomix, cada tratamiento obtuvo diferentes dosis de aplicación y tres repeticiones; estos tratamientos se obtuvieron uno en presencia de ultra ferro y otro en ausencia de ultra ferro haciendo un total de 36 macetas. Los tratamientos en estudio fueron: Con aplicación de 02 g/planta de ultra ferro.

Cuadro 6: Sin aplicación de Fe quelatado (Ultra Ferro)

	Tratamientos						Total macetas
Repetición 1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	6 macetas
Repetición 2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	6 macetas
Repetición 3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	6 macetas

- Se tendrá 18 macetas, sin la aplicación de Fe quelatado (Ultra Ferro).

Cuadro 7: Con aplicación de Fe quelatado (Ultra Ferro):

	Tratamientos						Total macetas
Repetición 1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	6 macetas
Repetición 2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	6 macetas
Repetición 3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	6 macetas

- Se obtuvo 18 macetas, con la aplicación del Fe quelatado (Ultra Ferro).

T1: 0,7 g de Nitrato de Amonio + 1,22 g de Superfosfato Triple + 0,39 g de Cloruro de Potasio + Oligomix.

T2: 1,22 g de Superfosfato Triple + 0,39 g de Cloruro de Potasio + Oligomix.

T3: 0,7 g de Nitrato de Amonio + 0,39 g de Cloruro de Potasio + Oligomix.

T4: 0,7 g de Nitrato de Amonio + 1,22 g de Superfosfato Triple + Oligomix.

T5: 0,7 g de Nitrato de Amonio + 1,22 g de Superfosfato Triple + 0,39 g de Cloruro de Potasio.

T6: No se adicionará ningún producto.

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con tres dosis de 100 – 80 - 100 ppm, según el tratamiento (Establecido por el IIAP - SM). Y con la aplicación estándar de Oligomix de 2.21 g /4 Litros de agua, a todos los tratamientos que se calculó por dosis.

Cuadro 8: Análisis de varianza del experimento

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad
A	$p - 1$
B	$q - 1$
AB	$(p - 1)(q - 1)$
ERROR	$Pq(r-1)$
TOTAL	$Pqr - 1$

4.2.5 Ejecución del experimento

- **Construcción del vivero**

Se procedió a limpiar el área a trabajar, para la construcción del vivero, con una orientación de este a oeste, con una altura de 2 m, cubiertos de una malla Rashel, inicialmente se colocaron las macetas en una altura de 0.50 cm del suelos con la finalidad de facilitar el manejo y posteriormente al suelo.

- **Preparación del sustrato**

La preparación del sustrato se realizó mezclando tierra agrícola zarandeada obtenido de dos de Mayo (Provincia de Bellavista), y puesto a secar por un día al sol, para posteriormente colocar 7 kg de suelo en cada maceta.



Foto 1: Zarandeo de la tierra



Foto 2: Secado al sol

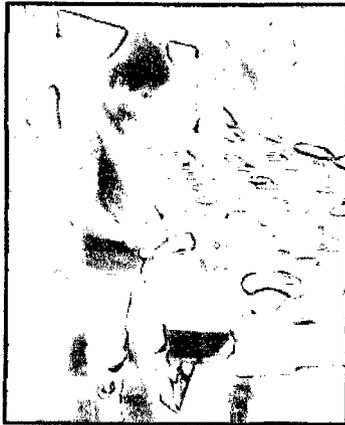


Foto 3: Pesado del suelo



Foto 4: Llenado de Macetas

- **Obtención, preparación y siembra de la semilla**

Para poder tener plantas con características deseables se obtuvieron semillas de plantaciones seleccionadas, establecidas por el IIAP – Tarapoto.

Una vez que las semillas se sacaron de la capsulas. Para estar seguro de que las semillas se mantengan sanos se aplicó un fungicida flutolanil + captan, con una dosis: 4g/kg de semilla.

Antes de iniciar el sembrado, se tuvo que humedecer el suelo con agua, hasta lograr dejar al suelo en condiciones adecuadas para el sembrío. En el momento de la siembra, la semilla se colocó en forma vertical ~~aproximadamente 3 cm por debajo del nivel del suelo, con dos golpes y~~ dos semillas por golpe.

Cada envase o macetero contenía un plato compuesto del mismo material del envase ubicado en la base, esto sirvió para que el agua que se aplicó

no se pierda por infiltración y no pierda en contenido nutricional del sustrato.

4.2.6. Aplicación de fertilizantes

- **Hierro quelatado**

Se aplicó el producto de Ultra ferro (EDDHA), a las macetas con una dosis de 2 g / 7 kg de suelo, pesados con el apoyo del instrumento de una balanza analítica para posteriormente homogenizar durante el pesado de las macetas.



- **Fósforo**

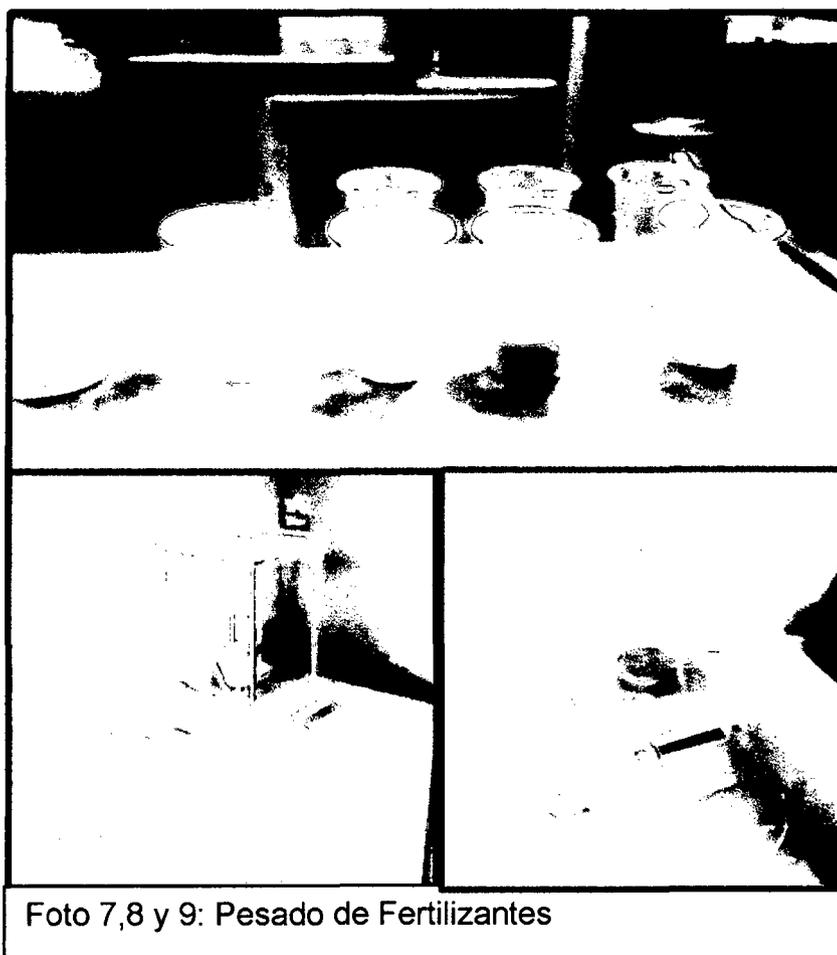
Se aplicó la dosis total antes de la siembra, homogenizados durante el pesado de la maceta, con siguientes dosis:

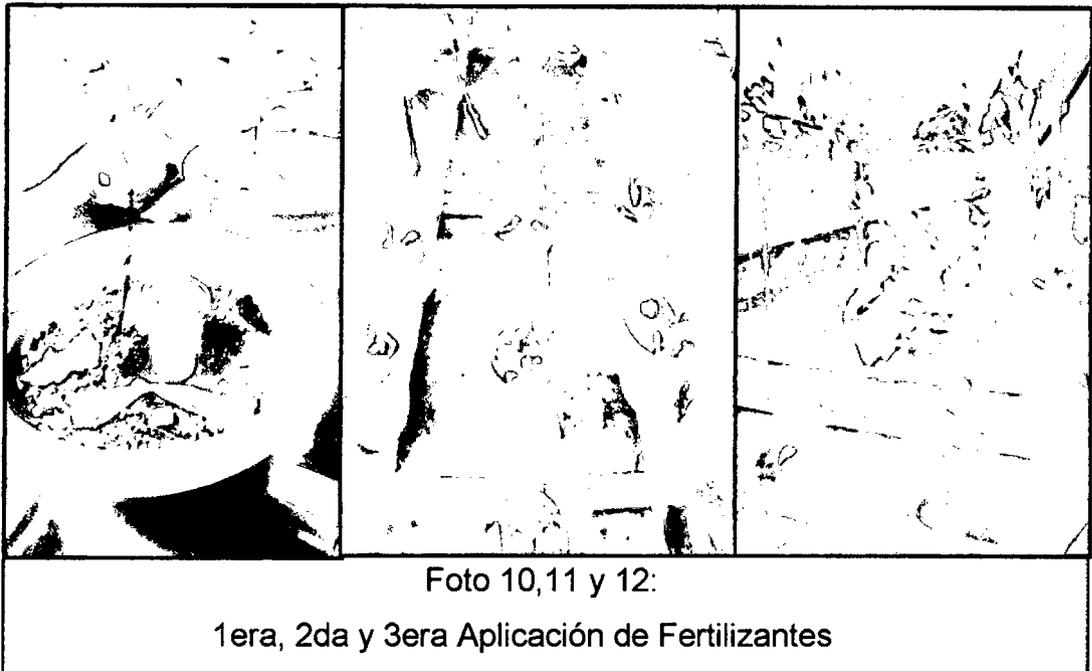
Cuadro 9: Descripción de fertilizante fosforado:

Dosis	Fuente	Cálculo / maceta	Descripción
80	Super Fosfato Triple Ca (H ₂ PO ₄) ₂	X = 1,22 g	Se aplicó solo una vez antes de la siembra

- **Nitrógeno y Potasio**

Se aplicó una dosis estándar para los 6 tratamientos de 100 ppm de Nitrato de Amonio y Cloruro de Potasio, aplicados en tres fracciones la primera a 30 dds, la segunda a 60 dds y la tercera a 115 dds.





Cuadro 10: Descripción de fertilizantes con nitrógeno y fosforo

Dosis	Fuente	Cálculos / maceta	Descripción
100	Nitrato de amonio $\text{NH}_4 \text{NO}_3$	$X = 0,7 \text{ g}$	Se aplicó a los Tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6.
100	Cloruro de potasio KCl	$X = 0,39 \text{ g}$	Se aplicó a los Tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6.

4.2.7. Manejo de Plantones en Vivero

a. Riego

Se aplicó agua con una frecuencia promedio de 3 días, en donde se regó homogéneamente en toda la superficie para que el agua se infiltre y remoje todo el tejido radical.

b. Control de Malezas

Durante el proceso del trabajo se notó la presencia de algunas especies de malezas, la cuales fueron extraídos al instante mediante un control manual, ya que el área de estudio fue pequeño.

4.2.8. Evaluaciones Realizadas

- **En suelos**

Se realizó un análisis inicial de suelo procedente de la localidad Dos de Mayo en el Distrito de San Pablo - Bellavista.

Se determinó la cantidad de elementos presentes en el sustrato para conocer el estado de composición de nutrientes. Se evaluaron los siguientes elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, B, Mn y Zn.

- **En semillas**

Antes que sea sembrada la semilla, se tuvo que pesar 100 semillas del ecotipo Pucallpa.

- **Porcentaje de Emergencia**

El porcentaje de germinación se realizó observando la ruptura de la radícula a la testa de la semilla. Los que no llegaron a germinar se reemplazó por otro del mismo cultivar que fue sembrado el mismo día que los demás.



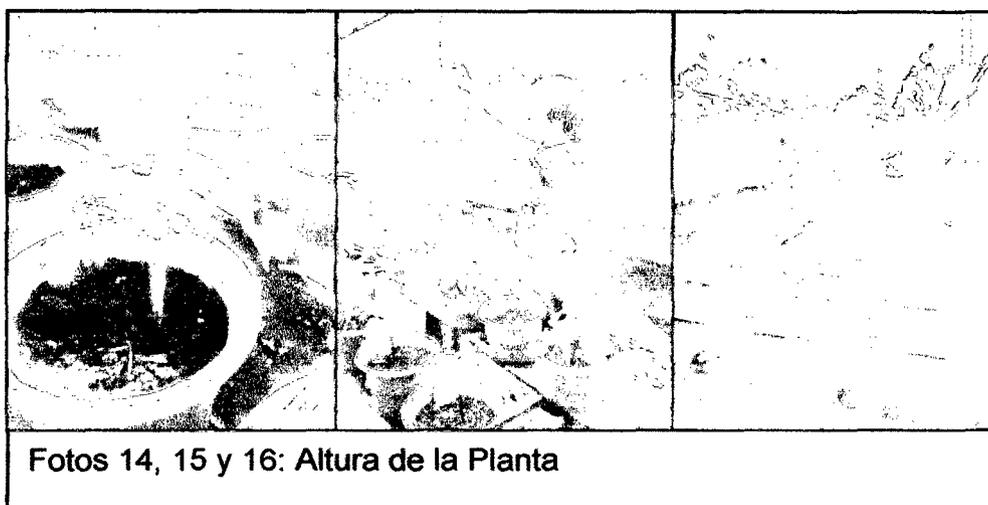
Foto 13: Emergencia

- **En Plantas**

- a) Altura de Planta**

Para la evaluación del tallo se midió desde la primera brotación de la raíz hasta la parte extrema superior del tallo con la ayuda de una cinta milimetrada de 30, 50, 100 cm y 200 cm.

Esta evaluación se realizó cada 7 días después de la emergencia, hasta la novena semana, cuando ya alcanzó una altura promedio de 2 metros.



- b) Diámetro de Tallo**

El diámetro de tallo se midió utilizando un vernier digital, la cual nos brindó datos más exactos. Las mediciones se hicieron 10 cm del suelo de cada plantón.

Esta evaluación se realizó desde la semana 9 hasta la semana 23



Foto 17 y 18: Diámetro del Tallo

c) Número de Hojas

Se contabilizó el total de hojas por planta, se realizó el conteo a simple vista observando bien cada plantón, se apuntó los datos en un cuaderno de apuntes para luego procesarlos.

Esta evaluación se realizó desde la emergencia hasta el final del experimento a 23 semanas.



Foto 19 y 20: Número de Hojas

d) Volumen de la Raíz

Al finalizar el experimento, se realizó el volumen en una probeta de 500 ml, colocando agua 300 ml y la raíz, extrayendo la raíz suavemente de la maceta y puesto a secar a temperatura ambiente para luego colocar en la probeta.

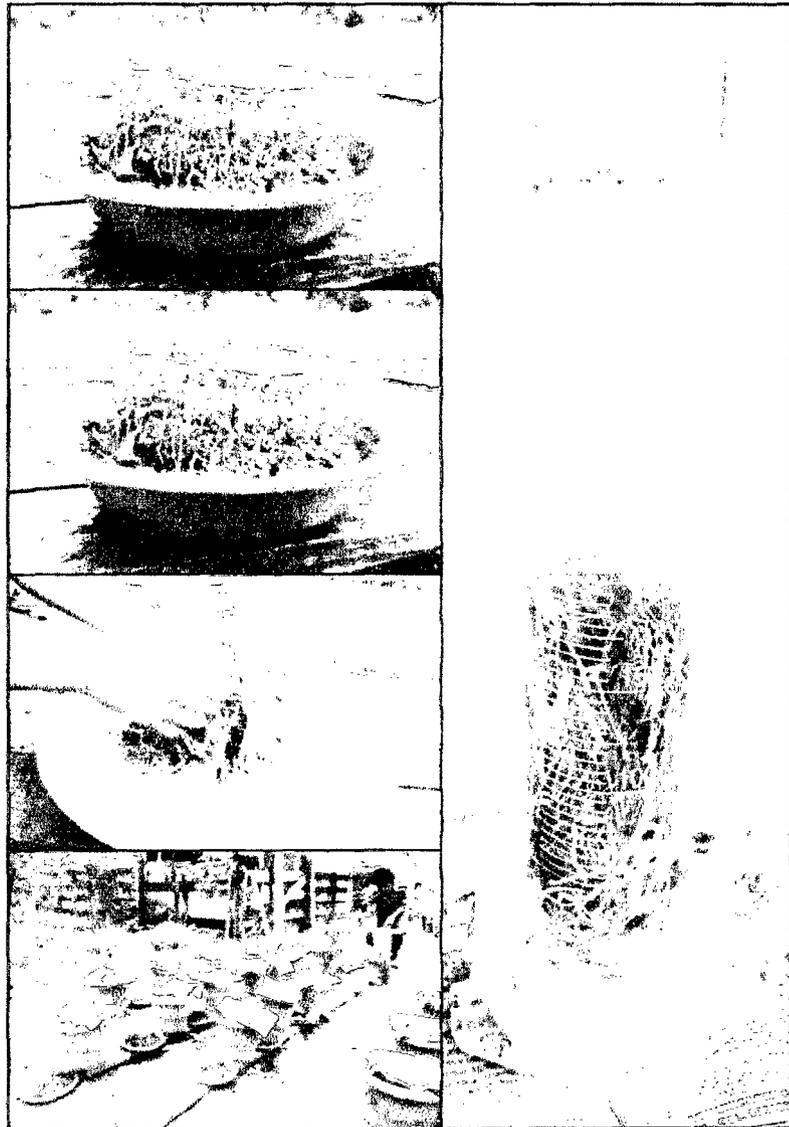


Foto: 21, 22, 23, 24 y 25
Determinación del Volumen de la Raíz

e) Área Foliar

En la quinta semana de evaluación, se tomaron los datos de la medición del área foliar, para ello se necesitó papel milimetrado para la determinación del área.



Foto 26: Medición del área foliar

f) Peso Fresco de la Raíz, Hojas y tallo

Se colectaron las Hojas, se cortaron los tallos, y se extrajo las raíces, para luego ser pesados en frescos, en una balanza analítica, listo para ser llevado a una estufa.



Foto 27, 28 y 29: Colección y pesado de Raíz, Tallo, y hojas frescos.

g) Peso Seco de Raíz, tallo y hojas

Luego del pesado en fresco de las hojas tallo y raíces, se procedió a pesar en una estufa, para posteriormente analizar los datos de absorción de los nutrientes que ha absorbido la planta durante el proceso de vegetación.



Foto 30, 31, 32: Pesado en estufa y pesado de Hojas, tallos y raíz.

V. RESULTADOS

5.1. Altura de planta

Cuadro 11: ANVA para la Altura de planta (cm)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	1426,321	1	1426,321	6,202	0,020 *
FB: NPK + Micron	653,453	5	130,691	0,568	0,723 N.S.
FA * FB	966,386	5	193,277	0,840	0,534 N.S.
Error experimental	5519,560	24	229,982		
Total	8565,720	35			

$R^2 = 35.6\%$ C.V. = 10.6% Promedio = 143.3

Cuadro 12: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en altura de planta

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	149.63	a
A2	Sin Fe Quelatado	137.04	b

Cuadro 13: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en altura de planta

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	137.63	a
3	0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q	141.45	a
4	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q	142.68	a
1	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	142.73	a
5	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	143.68	a
6	Testigo absoluto	151.82	a

5.2. Diámetro del tallo

Cuadro 14: ANVA para el Diámetro del tallo (mm)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	2,016	1	2,016	6,822	0,015 *
FB: NPK + Micron	0,707	5	0,141	0,478	0,789 N.S.
FA * FB	0,920	5	0,184	0,622	0,684 N.S.
Error experimental	7,094	24	0,296		
Total	10,737	35			

$R^2 = 33.95$ C.V. = 10.28% Promedio = 5.29

Cuadro 15: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en diámetro del tallo (mm)

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	5.53	a
A2	Sin Fe Quelatado	5.05	b

Cuadro 16: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en diámetro del tallo (mm)

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
6	Testigo absoluto	5.09	a
4	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q	5.14	a
1	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	5.28	a
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	5.33	a
3	0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q	5.44	a
5	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	5.47	a

5.3. Número de hojas

Cuadro 17: ANVA para el número de hojas (transformado por \sqrt{x})

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	5,929	1	5,929	39,414	0,000 **
FB: NPK + Micron	2,137	5	0,427	2,841	0,037 *
FA * FB	2,127	5	0,425	2,828	0,038 *
Error experimental	3,610	24	0,150		
Total	13,804	35			

$R^2 = 73.8\%$ C.V. = 7.0% Promedio = 5.52

Cuadro 18: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en número de hojas

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	35.1	a
A2	Sin Fe Quelatado	26.1	b

Cuadro 19: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en número de hojas

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
3	0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q	26.6	a
5	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	27.5	ab
6	Testigo absoluto	30.5	abc
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	32.1	abc
4	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q	32.2	bc
1	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	34.2	c

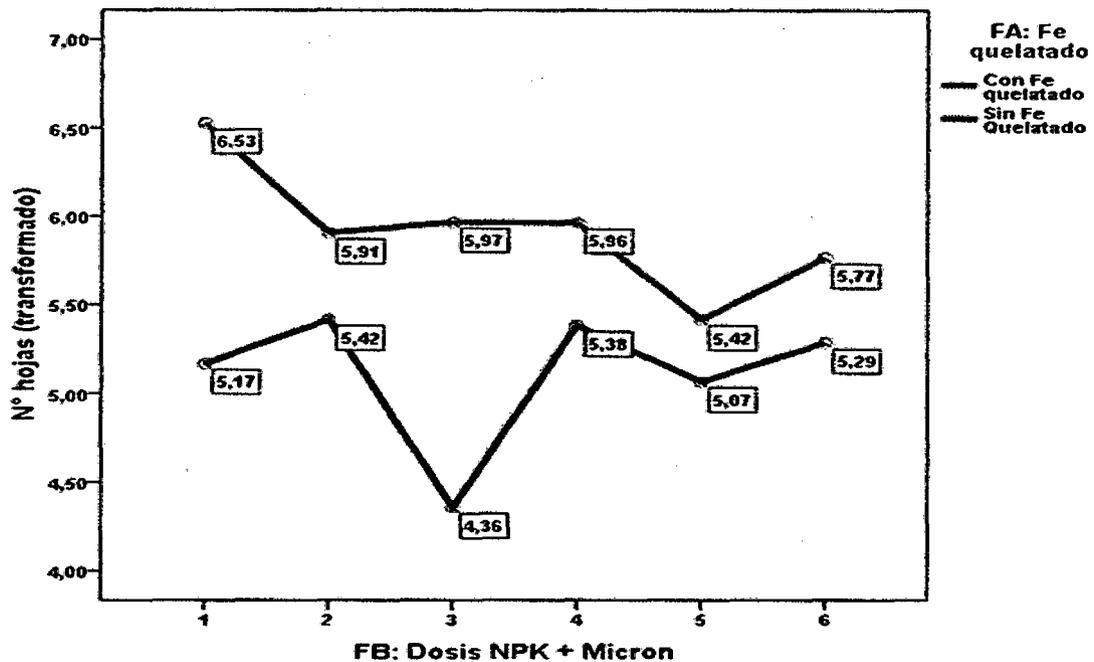


Gráfico 1: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al número de hojas.

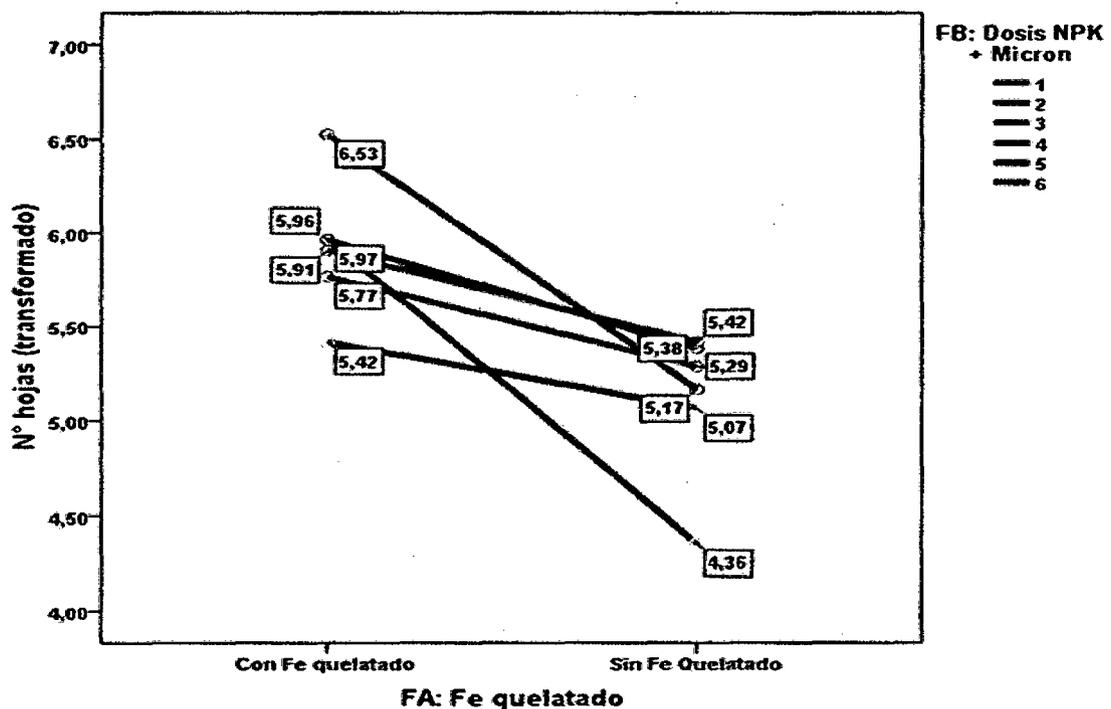


Gráfico 2: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al número de hojas.

5.4. Área foliar

Cuadro 20: ANVA para el Área foliar (cm²)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	135,878	1	135,878	8,651	0,007 **
FB: NPK + Micron	8158,879	5	1631,776	103,887	0,000 **
FA * FB	6126,517	5	1225,303	78,009	0,000 **
Error experimental	376,974	24	15,707		
Total	14798,248	35			

$R^2 = 97.5\%$ C.V. = 5.33% Promedio = 74.3

Cuadro 21: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el área foliar

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	72.36	a
A2	Sin Fe Quelatado	76.24	b

Cuadro 22: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el área foliar

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
4	0.7 g (NH ₄ NO ₃), 0.4 g (ST) + Q	50.27	a
1	0.7 g (NH ₄ NO ₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	65.00	b
5	0.7 g (NH ₄ NO ₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	66.69	b
6	Testigo absoluto	82.05	c
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	87.21	d
3	0.7 g (NH ₄ NO ₃), 0.39 g (KCl) + Q	94.58	e

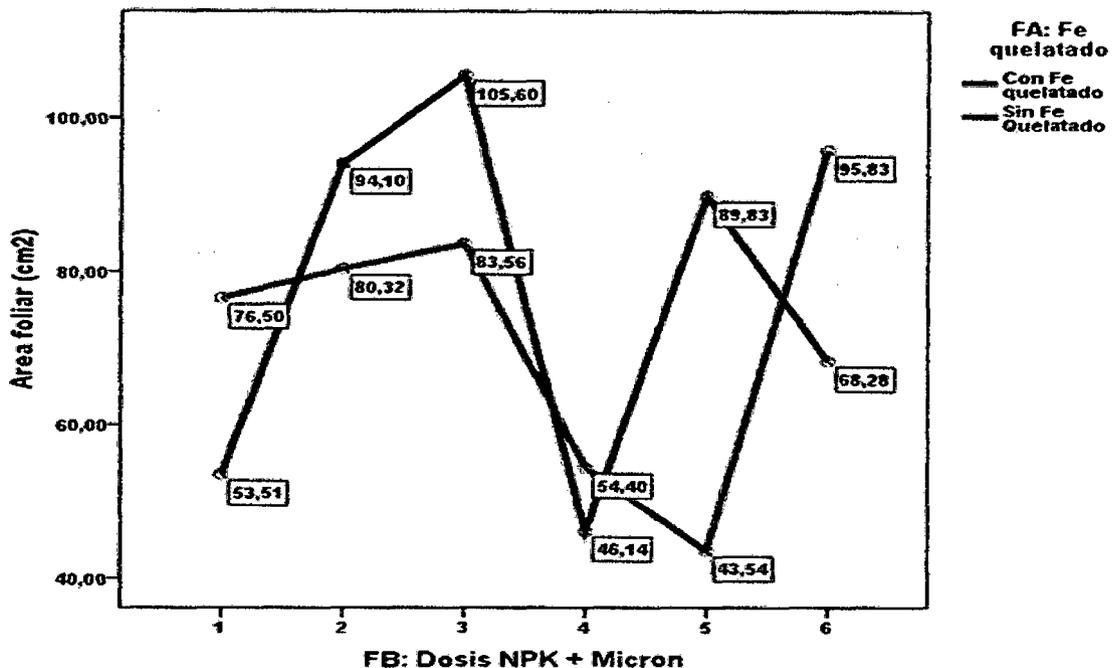


Gráfico 3: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al área foliar.

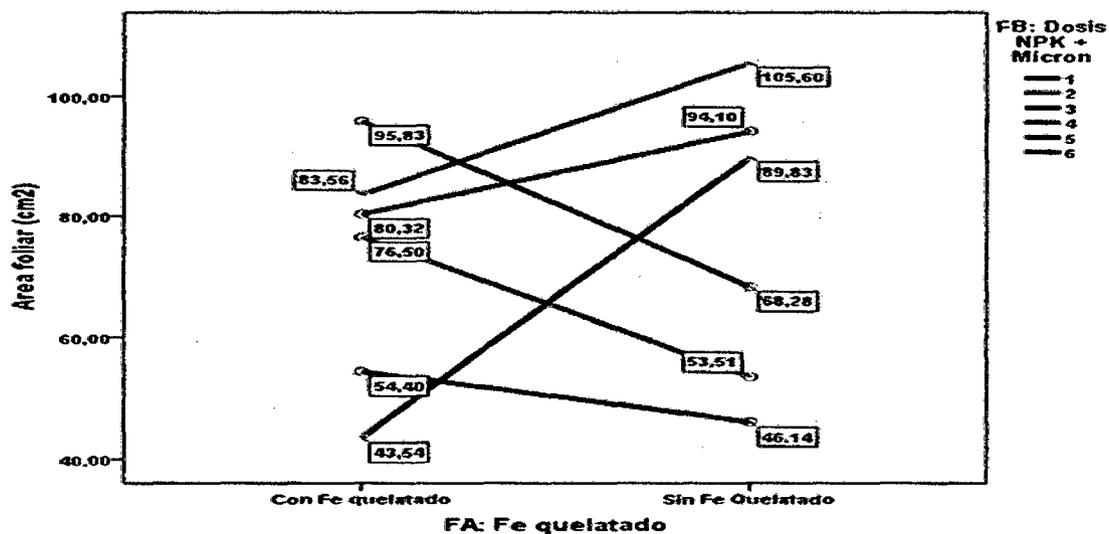


Gráfico 4: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al área foliar.

5.5. Volumen fresco de raíces

Cuadro 23: ANVA para el Volumen fresco de raíces (ml)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	5575,111	1	5575,111	339,027	0,000 **
FB: NPK + Micron	2228,333	5	445,667	27,101	0,000 **
FA * FB	2283,889	5	456,778	27,777	0,000 **
Error experimental	394,667	24	16,444		
Total	10482,000	35			

$R^2 = 96.2\%$ C.V. = 11.93% Promedio = 34.0

Cuadro 24: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el volumen fresco de raíces (ml)

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	46,444	a
A2	Sin Fe Quelatado	21,556	b

Cuadro 25: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el volumen fresco de raíces (ml)

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
4	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q	20,83	a
1	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	30,00	b
5	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	32,67	b
3	0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q	34,33	b
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	40,33	c
6	Testigo absoluto	45,83	d

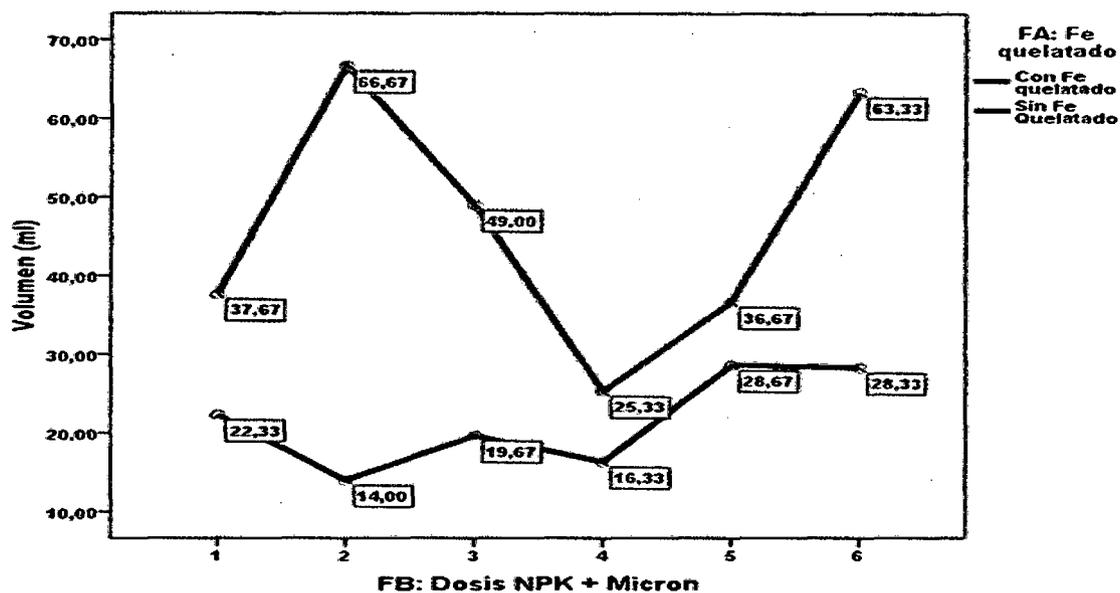


Gráfico 5: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al volumen fresco de raíces.

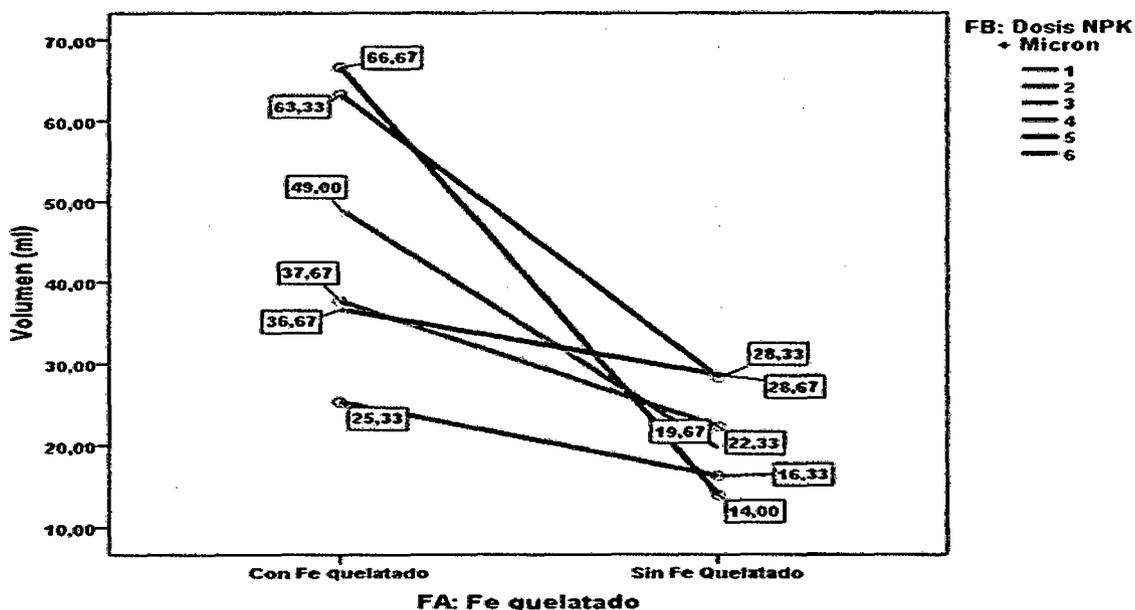


Gráfico 6: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al volumen fresco de raíces.

5.6. Peso fresco de raíces

Cuadro 26: ANVA para el Peso fresco de raíces (g)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	434,028	1	434,028	24,150	0,000 **
FB: NPK + Micron	1319,139	5	263,828	14,680	0,000 **
FA * FB	1583,806	5	316,761	17,625	0,000 **
Error experimental	431,333	24	17,972		
Total	3768,306	35			

$R^2 = 88.6\%$ C.V. = 14.3% Promedio = 29.64

Cuadro 27: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso fresco de raíces (g)

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	33,11	a
A2	Sin Fe Quelatado	26,17	b

Cuadro 28: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso fresco de raíces (g)

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
3	0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q	23,67	a
4	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q	24,83	a
1	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	25,17	a
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	28,33	a
6	Testigo absoluto	36,83	b
5	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	39,00	b

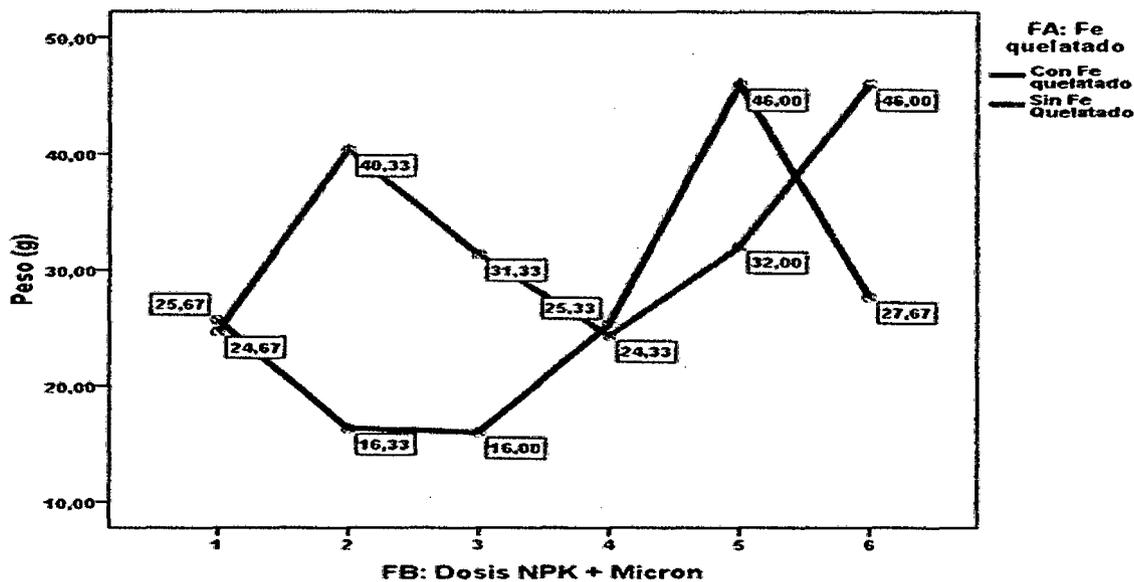


Gráfico 7: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso fresco de raíces.

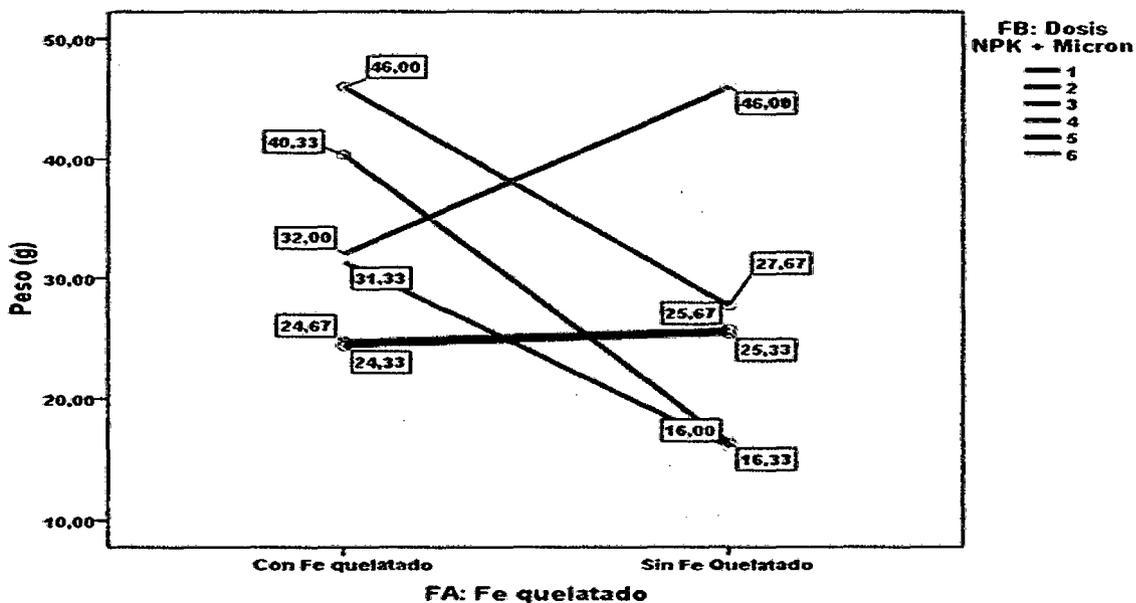


Gráfico 8: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso fresco de raíces.

5.7. Peso fresco de hojas

Cuadro 29: ANVA para el Peso fresco de hojas (g)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	44,444	1	44,444	4,372	0,047 *
FB: NPK + Micron	205,889	5	41,178	4,050	0,008 **
FA * FB	377,556	5	75,511	7,427	0,000 **
Error experimental	244,000	24	10,167		
Total	871,889	35			

$R^2 = 72.0\%$ C.V. = 18.82% Promedio = 16.94

Cuadro 30: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso fresco de hojas (g)

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	18,06	a
A2	Sin Fe Quelatado	15,83	b

Cuadro 31: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso fresco de hojas (g)

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
4	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q	13,50	a
3	0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q	14,83	a b
5	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	16,17	a b c
6	Testigo absoluto	17,67	b c d
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	19,00	c d
1	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	20,50	d

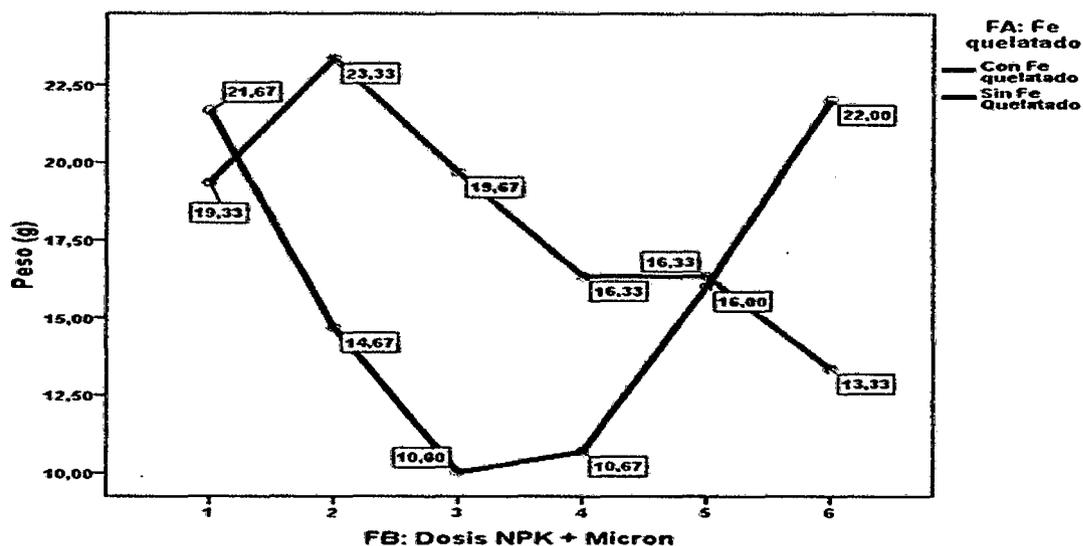


Gráfico 9: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso fresco de hojas.

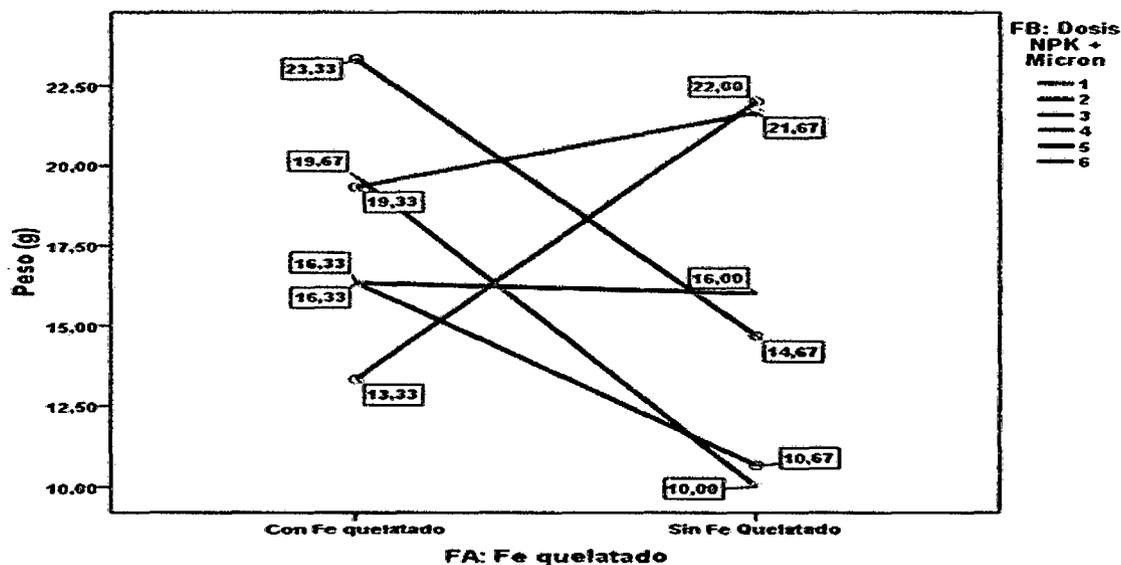


Gráfico 10: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso fresco de hojas

5.8. Peso fresco del tallo

Cuadro 32: ANVA para el Peso fresco del tallo (g)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	1508,028	1	1508,028	201,070	0,000 **
FB: NPK + Micron	689,583	5	137,917	18,389	0,000 **
FA * FB	471,139	5	94,228	12,564	0,000 **
Error experimental	180,000	24	7,500		
Total	2848,750	35			

$R^2 = 93.7\%$ C.V. = 10.56% Promedio = 25.92

Cuadro 33: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso fresco del tallo (g)

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	32,39	a
A2	Sin Fe Quelatado	19,44	b

Cuadro 34: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso fresco del tallo (g)

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
3	0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q	19,67	a
4	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q	22,67	a b
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	24,17	b c
6	Testigo absoluto	27,00	c d
5	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	28,83	d
1	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	33,17	e

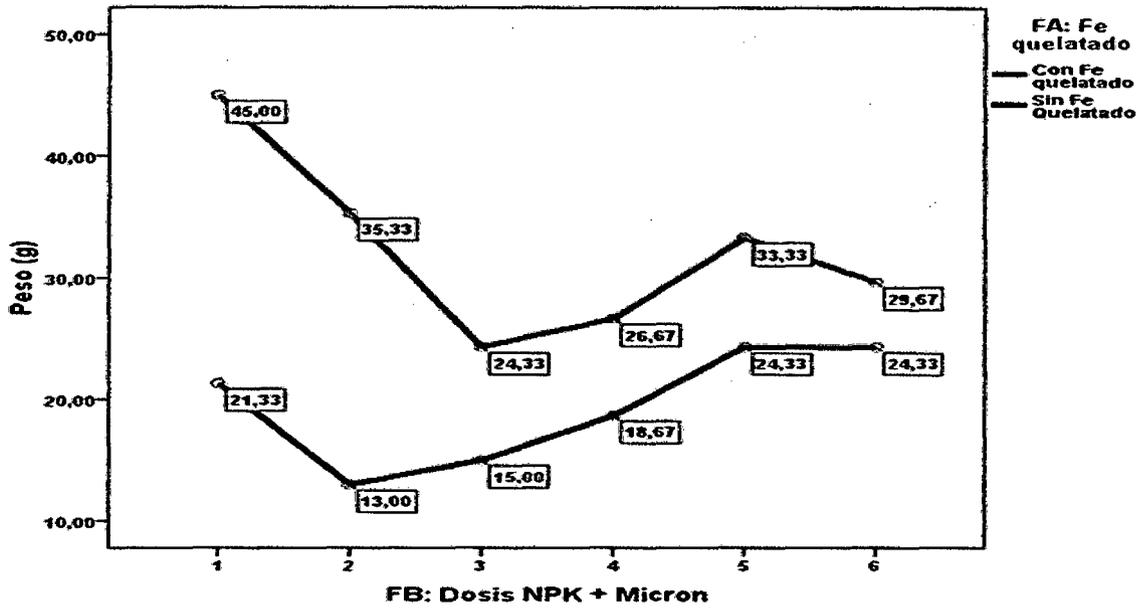


Gráfico 11: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso fresco del tallo.

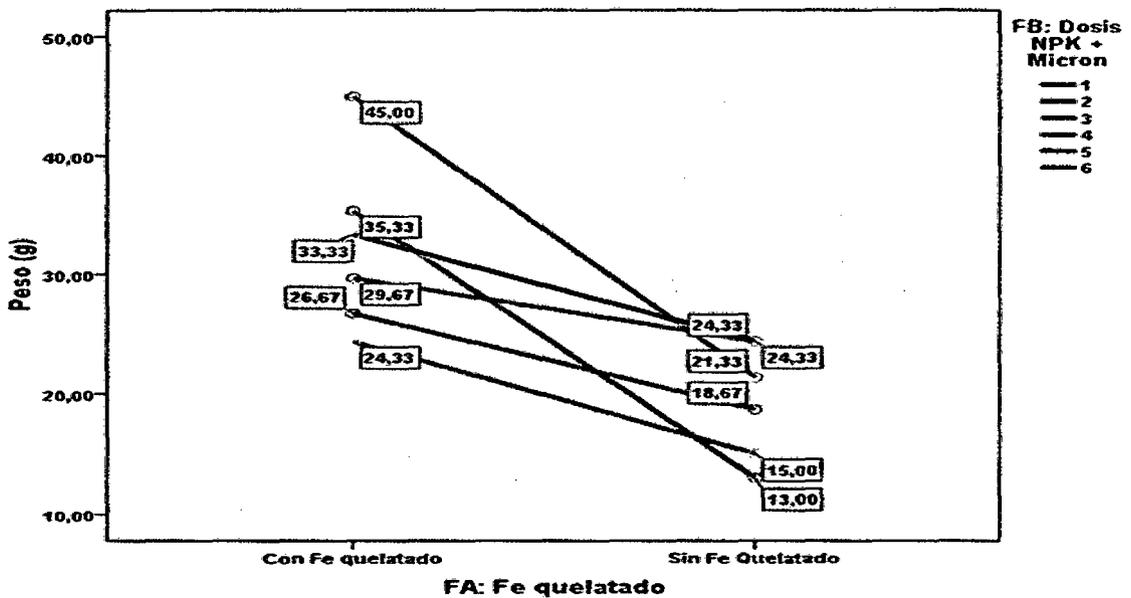


Gráfico 12: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso fresco del tallo

5.9. Peso seco de hojas

Cuadro 35: ANVA para peso seco de hojas (g)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	3,484	1	3,484	4,372	0,047 *
FB: NPK + Micron	16,142	5	3,228	4,050	0,008 **
FA * FB	29,600	5	5,920	7,427	0,000 **
Error experimental	19,130	24	0,797		
Total	68,356	35			

$R^2 = 72.0\%$ C.V. = 18.83% Promedio = 4.74

Cuadro 36: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso seco de hojas (g)

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	5,06	a
A2	Sin Fe Quelatado	4,43	b

Cuadro 37: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso seco de hojas (g)

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
4	0.7 g (NH ₄ NO ₃), 0.4 g (ST) + Q	3,78	a
3	0.7 g (NH ₄ NO ₃), 0.39 g (KCl) + Q	4,15	a b
5	0.7 g (NH ₄ NO ₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	4,53	a b c
6	Testigo absoluto	4,95	b c d
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	5,32	c d
1	0.7 g (NH ₄ NO ₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	5,74	d

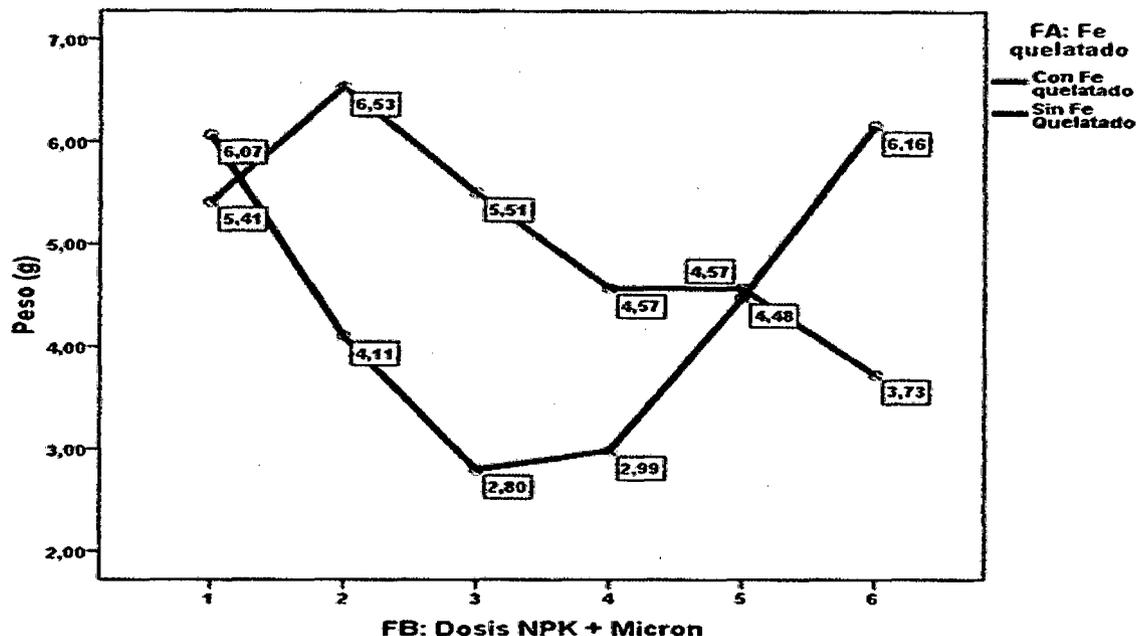


Gráfico 13: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso seco de hojas.

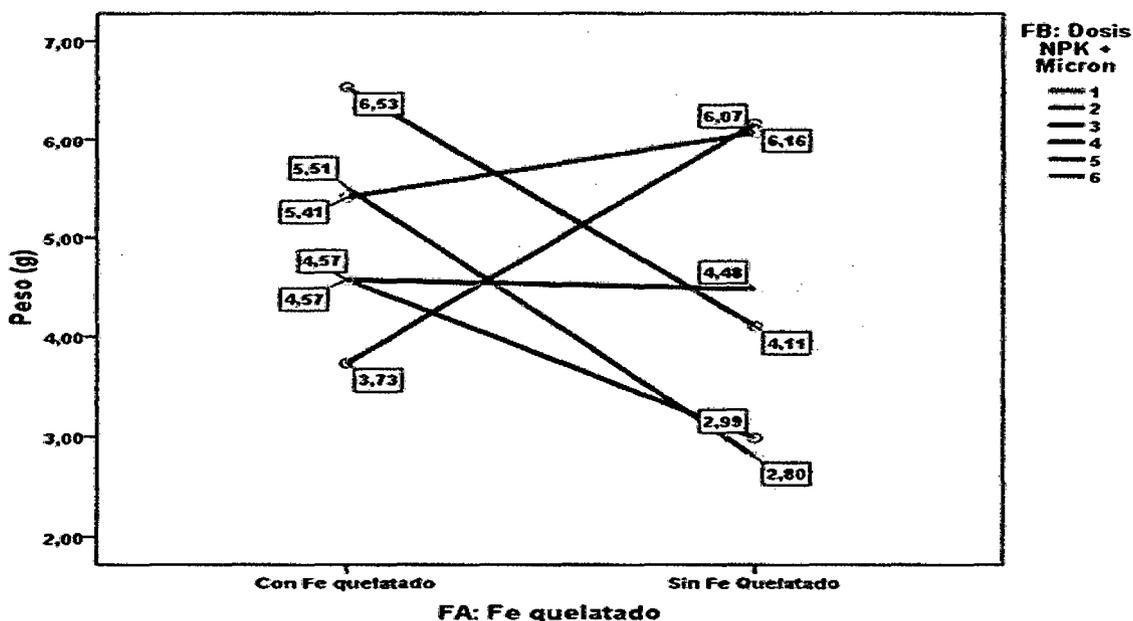


Gráfico 14: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso seco de hojas.

5.10. Peso seco del tallo

Cuadro 38: ANVA para Peso seco del tallo (g)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	118,229	1	118,229	201,070	0,000 **
FB: NPK + Micron	54,063	5	10,813	18,389	0,000 **
FA * FB	36,937	5	7,387	12,564	0,000 **
Error experimental	14,112	24	0,588		
Total	223,342	35			

$R^2 = 93.7\%$ C.V. = 10.56% Promedio = 7.26

Cuadro 39: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso seco del tallo (g)

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	9,07	a
A2	Sin Fe Quelatado	5,44	b

Cuadro 40: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en peso seco del tallo (g)

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
3	0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q	5,51	a
4	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q	6,35	a b
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	6,77	b c
6	Testigo absoluto	7,56	c d
5	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	8,07	d
1	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	9,29	e

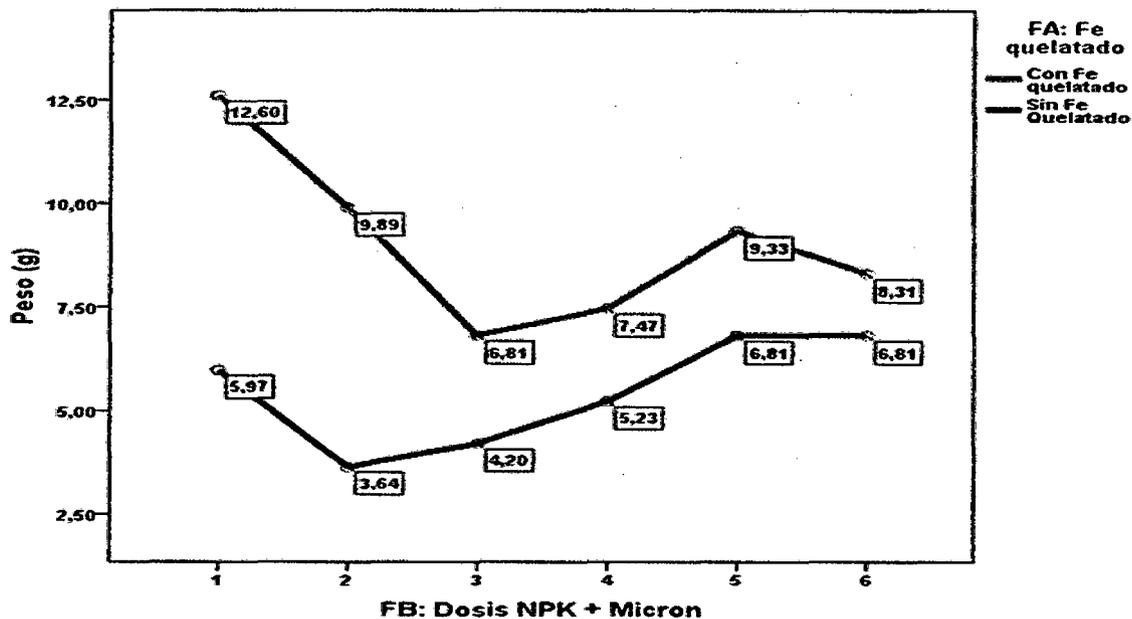


Gráfico 15: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso seco del tallo.

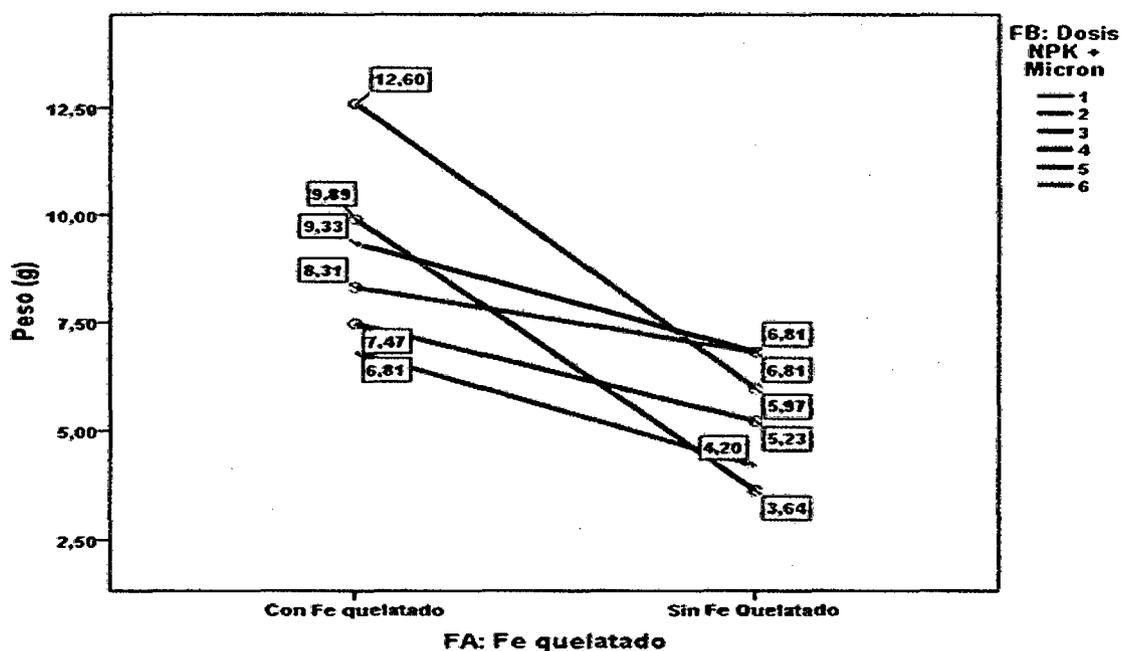


Gráfico 16: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso seco del tallo.

5.11. Peso seco de raíces

Cuadro 41: ANVA para Peso seco de raíces (g)

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadro medio	F.C.	Sig. Del P-valor
FA: Fe quelatado	437,089	1	437,089	339,027	0,000 **
FB: NPK + Micron	174,701	5	34,940	27,101	0,000 **
FA * FB	179,057	5	35,811	27,777	0,000 **
Error experimental	30,942	24	1,289		
Total	821,789	35			

$R^2 = 96.2\%$ C.V. = 11.93% Promedio = 9.52

Cuadro 42: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor A (Fe quelatado) en el peso seco de raíces (g)

FA: Fe quelatado	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
A1	Con Fe quelatado	13,00	a
A2	Sin Fe Quelatado	6,04	b

Cuadro 43: Prueba de Duncan ($P < 0.05$) para promedios de los niveles del Factor B (Dosis de NPK + Micron) en el peso seco de raíces (g)

FB: Dosis NPK + Micron	Descripción	Duncan ($P < 0.05$)	
		Promedio	Significación
4	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q	5,83	a
1		8,40	b
5	0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)	9,15	b
3	0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q	9,61	b
2	0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q	11,29	c
6	Testigo absoluto	12,83	d

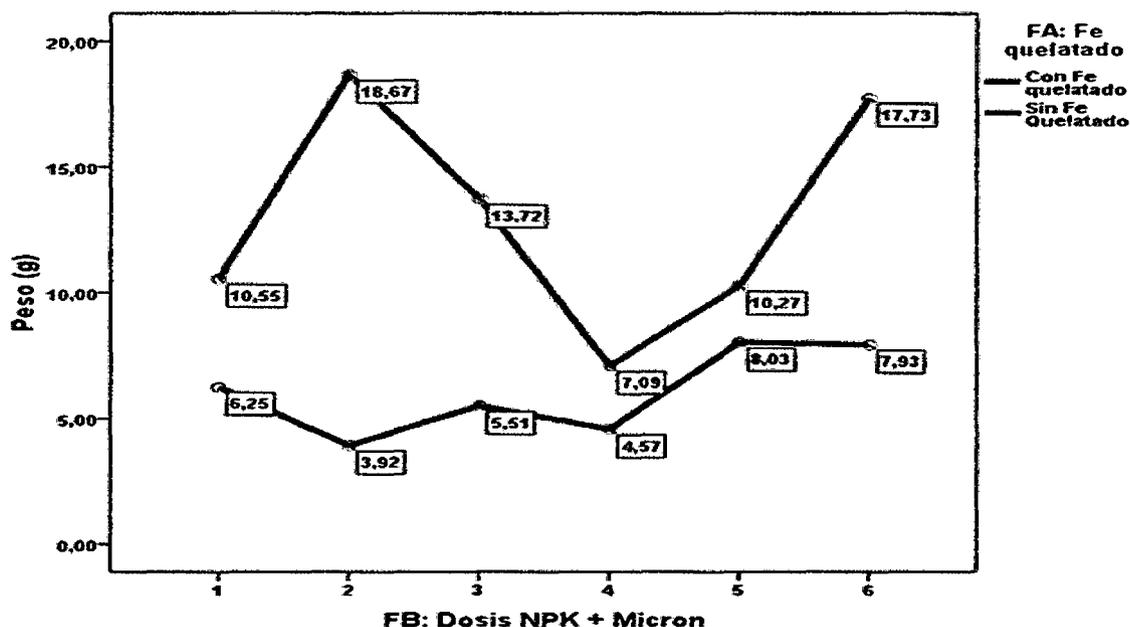


Gráfico 17: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor A (Fe quelatado) dentro de los niveles del Factor B (NPK + Micron) respecto al peso seco de raíces.

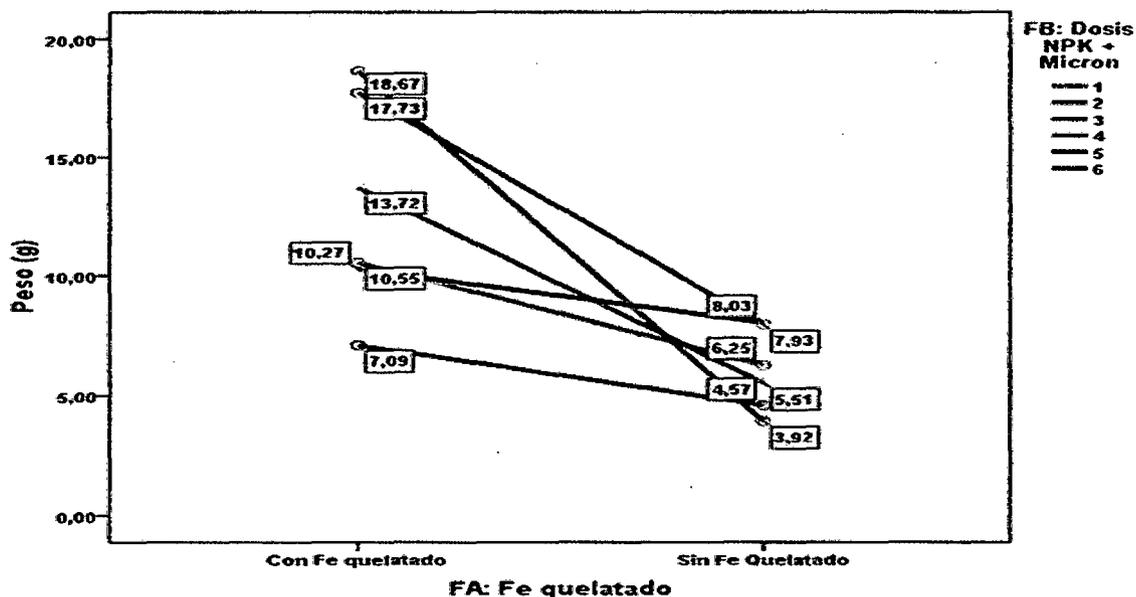


Gráfico 18: Efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) respecto al peso seco de raíces.

VI. DISCUSIONES

6.1. De la altura de planta

El Análisis de varianza no reportó diferencias significativas para las fuentes de variabilidad FB. NPK + Micron ni para la interacción FA * FB, pero para la fuente de variabilidad FA: Fe quelatos si reportó diferencias significativas ($P < 0,05$) indicado en el ANVA (cuadro 11). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de n, p, k, y micronutrientes en presencia y ausencia de fierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre la altura de planta es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 35.6% lo que no asegura una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictora. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 10.6% se encuentra al límite máximo del rango propuesto por Calzada (1982) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto a la altura de planta (cuadro 12) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 149.63 cm de altura de planta superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 137.04 cm de altura de planta. Sin embargo, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 13) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron) no detectó diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde los niveles B6

(Testigo absoluto), B5 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)), B1 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), B4 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q), B3 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) y B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) alcanzaron promedios estadísticamente iguales entre si, con 151.82 cm, 143.66 cm, 142.73, 142.68 cm, 141.45 cm y 137.63 cm de altura de planta respectivamente.

6.2. Del diámetro del tallo

El Análisis de varianza no reportó diferencias significativas para las fuentes de variabilidad FB. NPK + Micron ni para la interacción FA * FB, pero para la fuente de variabilidad FA: Fe quelatos si reportó diferencias significativas ($P < 0,05$) indicado en el ANVA (cuadro N° 14). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de fierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el diámetro del tallo es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 33.95% lo que no asegura una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictora. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 10.28% se encuentra al límite máximo del rango propuesto por Calzada (1982) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al diámetro del tallo (cuadro 15) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 5.53 mm de diámetro del

tallo superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 5.05 mm de diámetro del tallo. Sin embargo, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 16) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron) no detectó diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde los niveles B5 (0.7 g (NH₄NO₃), B3 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) y B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), B1 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) +Q), B4 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) y B6 (Testigo absoluto), alcanzaron promedios estadísticamente iguales entre sí, con 5.47 mm, 5.44 mm, 5.33 mm, 5.28 mm, 5.14 mm y 5.09 mm de diámetro del tallo respectivamente.

6.3. Del número de hojas

El Análisis de varianza reportó diferencias significativas ($P < 0.05$) para la fuentes de variabilidad FB. NPK + Micron y para la interacción FA * FB, pero para la fuente de variabilidad FA: Fe quelatos reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) indicado en el ANVA (cuadro 17). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de fierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el número de hojas es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 73.8% lo que asevera una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictora. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 7.0% se encuentra al límite máximo del rango propuesto por Calzada (1982) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al número de hojas (cuadro 18) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 35.1 hojas superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 26.1 hojas. Por otro lado, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 19) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron) también detectó diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde el nivel B1 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) alcanzó el promedio más alto con 34.2 hojas, siendo estadísticamente igual a los promedios alcanzados por los niveles , B4 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q), B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) y B6 (Testigo absoluto) con 32.2 hojas, 32.1 hojas y 30.5 hojas respectivamente y el cual superó únicamente a los niveles B5 (0.7 g (NH_4NO_3) y B3 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q) quienes alcanzaron promedios de 27.5 hojas y 26.6 hojas respectivamente.

Es importante destacar que el incremento de las dosis de NPK + Micron (Niveles de FB) disminuyeron el número de hojas cuando se combinaron con el nivel A1 (Con Fe Quelatado) y que en general las dosis de NPK + Micron (Niveles de FB) cuando se combinaron con el nivel A2 (Sin Fe quelatado) no repercutió sustantivamente en el número de hojas, salvo cuando se combinó con el nivel B3 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q) que fue cuando obtuvo el menor número de hojas con 18.8, tal como se puede apreciar en el gráfico 1. Por otro lado, todos los tratamientos con dosis de NPK + Micron (niveles del

Factor B) que se combinaron con el nivel A1 (Con Fe quelatado) reportaron promedios mayores de número de hojas respecto a aquellos que se combinaron con el nivel A2 (Sin Fe quelatado) tal como se puede observar en el gráfico 2.

6.4. Del área foliar

El Análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuentes de variabilidad FA: Fe quelatado, FB: NPK + Micron y para la interacción FA * FB, indicados en el ANVA (cuadro 20). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de fierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el área foliar es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 97.5% lo que ratifica una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictora. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 5.33% se encuentra dentro del rango propuesto por Calzada (1982) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0.05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al área foliar (cuadro 21) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A2 (sin Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 76.24 cm² superando estadísticamente al nivel A1 (con Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 72.36 cm². Por otro lado, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 22) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK

+ Micron) también detectó diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde el nivel **B3** (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) reportó el mayor promedio con 94.58 cm² de área foliar, superando estadísticamente a los promedios alcanzados por los niveles **B2** (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), y **B6** (Testigo absoluto), **B5** (0.7 g (NH₄NO₃), **B1** (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) y , **B4** (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) con 87.21 cm², 82.05 cm², 66.69 cm², 65.00 cm² y 50.27 cm² de área foliar respectivamente.

Se destaca que con Fe Quelatado (A1) en combinación con niveles de **B4** (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) y **B5** (0.7 g (NH₄NO₃) el área foliar disminuyó a 46.14 y 43.54 cm² respectivamente y con el **B6** (Testigo absoluto) se obtuvo el mayor valor con 95.83 cm² de área foliar, así mismo, sin Fe quelatado (A2) en combinación con **B3** (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) se obtuvo el mayor valor con 106.6 cm² de área foliar y con **B4** (0.7 g (NH₄NO₃) se obtuvo el menor promedio con 46.14 cm² de área foliar (gráfico 3). En general, los niveles **B6** (Testigo absoluto), **B1** (0.7 g (NH₄NO₃) y **B4** (0.7 g (NH₄NO₃) obtuvieron mayores promedios de área foliar con Fe Quelatado (A1) y los niveles **B3** (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q), **B2** (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) y **B5** (0.7 g (NH₄NO₃) lo obtuvieron sin Fe Quelatado (A2), tal como se observa en el gráfico 4.

6.5. Del volumen fresco de raíces

El Análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas (P<0.01) para la fuentes de variabilidad FA: Fe quelatado, diferencias significativas

($P < 0.05$) para la fuente de variabilidad FB: NPK + Micron y para la interacción FA * FB no detectó diferencias significativas, indicados en el ANVA (cuadro 23). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de fierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el volumen fresco de raíces es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 78.2% lo que ratifica una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictora. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 36.8% se encuentra sobre el rango propuesto por Calzada (1962) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al volumen fresco de raíces (cuadro 24) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 46.44 ml superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quien obtuvo un promedio de 21.55 ml de volumen fresco de raíces. La prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 25) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron) también detectó diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde los niveles B6 (Testigo absoluto) y B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) alcanzaron los mayores promedios con 45.83 ml y 40.33 ml de volumen fresco de raíces respectivamente, siendo estadísticamente iguales a los niveles B3 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q), B5 (0.7 g (NH_4NO_3) y B1 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) +Q) con 34.33 ml, 32.67 ml y 30.0 ml respectivamente y

superando al nivel B4 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) quienes obtuvieron promedios de 20.83 ml de volumen fresco de raíces respectivamente.

6.6. Del Peso fresco de raíces

El Análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuentes de variabilidad FA: Fe quelatado, FB: NPK + Micron y para la interacción FA * FB, indicados en el ANVA (cuadro 26). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de fierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el peso fresco de raíces es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 88.6% lo que ratifica una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictor. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 14.3% se encuentra dentro del rango propuesto por Calzada (1962) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0.05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al peso fresco de raíces (cuadro 27) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 33.11 g de peso fresco de raíces superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 26.17 g de peso fresco de raíces. Así mismo, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 28) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron) también detectó diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde los

niveles **B5** (0.7 g (NH_4NO_3)) y **B6** (Testigo absoluto) estadísticamente iguales entre sí, obtuvieron los mayores promedios con 39.0 g y 36.83 g de peso fresco de raíces, superando estadísticamente a los niveles **B2** (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), **B1** (0.7 g (NH_4NO_3) , 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), **B4** (0.7 g (NH_4NO_3) , 0.4 g (ST) + Q) y **B3** (0.7 g (NH_4NO_3) , 0.39 g (KCl) + Q) quienes obtuvieron promedios de 28.33 g, 25.17 g, 24.83 g y 23.67 g de peso fresco de raíces respectivamente.

En el gráfico 7, se destacan promedios con respuestas irregulares de los promedios alcanzados por los niveles del factor A (Fe quelatado) en combinación con los niveles del factor B (NPK + Micron) y al mismo tiempo, se observa en el gráfico 8, que los niveles), **B2** (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), **B3** (0.7 g (NH_4NO_3) , 0.39 g (KCl) + Q), **B6** (Testigo absoluto) alcanzaron mayores promedios de peso fresco de raíces cuando se combinaron con Fe quelatado (A1), sucediendo lo contrario con los niveles **B1** (0.7 g (NH_4NO_3) , **B4** (0.7 g (NH_4NO_3) , 0.4 g (ST) + Q) y **B5** (0.7 g (NH_4NO_3)).

6.7. Del peso fresco de hojas

El Análisis de varianza solamente reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuente de variabilidad FB: NPK + Micron y para la interacción FA+FB y diferencias significativas ($P < 0.05$) para FA: Fe quelatado, indicado en el ANVA (cuadro 29). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de hierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el peso fresco de hojas es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 72.0% lo que ratifica

una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictora. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 18.82% se encuentra dentro del rango propuesto por Calzada (1982) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al peso fresco de hojas (cuadro 30) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 18.06 g de peso fresco de hojas superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 15.83 g de peso fresco de hojas. Así mismo, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 31) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron) no detectó diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde el nivel B1 (0.7 g (NH₄NO₃) 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) alcanzó el mayor promedio con 20.5 g de peso fresco de hojas, siendo estadísticamente igual a los niveles B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) y B6 (Testigo absoluto) con promedios de 19.0 g y 17.67 g de peso fresco de hojas respectivamente y superando estadísticamente a los niveles B5 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl), B3 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) y B4 (0.7 g (NH₄NO₃) quienes alcanzaron promedios estadísticamente de 16.17 g, 14.83 g y 13.5 g de peso fresco de hojas respectivamente.

En el gráfico 9, se destacan promedios con respuestas irregulares de los promedios alcanzados por los niveles del factor A (Fe quelatado) en

combinación con los niveles del factor B (NPK + Micron) donde los niveles de los tratamientos sin Fe quelatado alcanzaron mayores resultados cuando se combinaron con los niveles de B1 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) +Q) y B6 (testigo absoluto) con promedios de 21.67 g y 22 g de peso fresco de hojas respectivamente y los menores resultados cuando se combinaron con los niveles B3 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) y B4 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) con promedios de 10.0 g y 10.7 g de peso fresco de hojas respectivamente. Así mismo, se observa en el gráfico 10, que los niveles B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), B3 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) y B4 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) alcanzaron menores promedios de peso fresco de hojas sin Fe quelatado, sucediendo lo contrario con los niveles B1 (0.7 g (NH₄NO₃) y B6 (Testigo absoluto) quienes alcanzaron mayores promedios de peso fresco de hojas sin Fe quelatado.

6.8. Del peso fresco del tallo

El Análisis de varianza solamente reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para las fuentes de variabilidad FA: Fe quelatado, FB: NPK + Micron y para la interacción FA+FB indicado en el ANVA (cuadro 32). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de fierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el peso fresco del tallo es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 93.7% lo que ratifica una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictor. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 10.56% se encuentra dentro

del rango propuesto por Calzada (1982) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al peso seco del tallo (cuadro 33) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 32.39 g de peso fresco del tallo superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 19.44 g de peso fresco del tallo. Por otro lado, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 34) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron) también detectó diferencias significativas entre promedios, donde el nivel B1 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) obtuvo el mayor promedio con 33.17 g de peso fresco del tallo, superando estadísticamente a los niveles B5 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl), B6 (Testigo absoluto), B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), B4 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.4 g (ST) + Q) y B3 (0.7 g (NH_4NO_3), 0.39 g (KCl) + Q) quienes obtuvieron promedios de 28.83 g, 27.0 g, 24.17 g, 22.67 g, y 19.67 g de peso fresco del tallo respectivamente.

En el gráfico 11, se destaca que los promedios alcanzados el nivel A1 (con Fe quelatado) en combinación con los niveles del factor B (NPK + Micron) fueron superiores a los obtenidos por el nivel A2 (sin Fe quelatado), sin embargo, el gráfico 12 nos presenta los efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) y donde en forma general todos los niveles del factor B en combinación con el nivel A1

(con Fe quelatado) alcanzaron los mayores promedios de peso fresco del tallo que cuando no se combinaron con Fe quelatado (A2).

6.9. Del peso seco de hojas

El Análisis de varianza reportó diferencias significativas ($P < 0.05$) para la fuente de variabilidad FA: Fe quelatado y diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para las fuentes de variabilidad FB: NPK + Micron y para la interacción FA*FB indicado en el ANVA (cuadro 35). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de hierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el peso seco de hojas es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 72.0% lo que afirma una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictora. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 16.83% se encuentra dentro del rango propuesto por Calzada (1982) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al peso seco de hojas (cuadro 36) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 5.06 g de peso seco de hojas superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 4.43 g de peso seco de hojas. Por otro lado, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 37) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron) también detectó

diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde el nivel B1 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) +Q) alcanzó el mayor promedio con 5.74 g de peso seco de hojas, siendo estadísticamente igual a los niveles B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q) y B6 (Testigo absoluto) con 5.32 g y 4.95 g de peso seco de hojas respectivamente y superando estadísticamente a los niveles B5 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl), B3 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) y B4 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) quienes alcanzaron promedios de 4.53 g, 4.15 g y 3.78 g de peso seco de hojas respectivamente.

En el gráfico 13, se recalca que los promedios alcanzados el nivel A1 (con Fe quelatado) en combinación con los niveles del factor B (NPK + Micron) ofrecieron respuestas inversas a las aplicaciones crecientes de los niveles de NPK + Micron (Factor B) y el gráfico 14, nos presenta los efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) y donde las respuestas fueron irregulares, siendo que los niveles B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), B3 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) y B4 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) alcanzaron sus mayores promedios con Fe quelatado (A1) y los niveles B1 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) +Q) y B6 (Testigo absoluto) lo alcanzaron sin la aplicación de Fe quelatado (A2), con el nivel B5 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)) el promedio obtenido no sufrió diferencias sustantivas con o sin Fe quelatado.

6.10 Del peso seco del tallo

El Análisis de varianza solamente reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para las fuentes de variabilidad FA: Fe quelatado, FB: NPK + Micron y para la interacción FA+FB indicado en el ANVA (cuadro 38). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de fierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el peso seco del tallo es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 93.7% lo que afirma una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictora. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 10.56% se encuentra dentro del rango propuesto por Calzada (1982) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al peso seco del tallo (cuadro 39) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 9.07 g de peso seco del tallo superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 5.44 g de peso seco del tallo. Por otro lado, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 40) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron) también detectó diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde los niveles B1 (0.7 g (NH_4NO_3)) alcanzó el mayor promedio con 9.29 g de peso seco del tallo, superando estadísticamente a los niveles B5 (0.7 g (NH_4NO_3)), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl), B6 (Testigo absoluto), B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) +

Q), B4 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) y B3 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) quienes alcanzaron promedios de 8.07 g, 7.56 g, 6.77 g, 6.35 g y 5.51 g peso seco del tallo respectivamente.

En el gráfico 15, se destaca que los promedios alcanzados el nivel A1 (con Fe quelatado) en combinación con los niveles del factor B (NPK + Micron) fueron superiores a los obtenidos por el nivel A2 (sin Fe quelatado), sin embargo, el gráfico 16 nos presenta los efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) y donde en forma general todos los niveles del factor B en combinación con el nivel A1 (con Fe quelatado) alcanzaron los mayores promedios de peso seco del tallo que cuando no se combinaron con Fe quelatado (A2). Este resultado resulto siendo similar al obtenido en la evaluación del peso fresco del tallo (gráficos 11 y 12).

6.11. Del peso seco de raíces

El Análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para las fuentes de variabilidad FA: Fe quelatado, FB: NPK + Micron y para la interacción FA*FB indicado en el ANVA (cuadro 41). El efecto que han ejercido los tratamientos estudiados (fuentes de N, P, K, y micronutrientes en presencia y ausencia de fierro quelatado en el cultivo de sachá inchi) sobre el peso seco de raíces es explicada por el Coeficiente de Determinación (R^2) en un 96.2% lo que afirma una respuesta relevante de los efectos de los tratamientos evaluados sobre la variable predictor. Por otro lado, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con un valor de 11.93% se encuentra dentro

del rango propuesto por Calzada (1982) para trabajos de investigación de esta naturaleza.

La prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor A (Fe quelatado) y respecto al peso seco de raíces (cuadro 42) ha detectado diferencias significativas, donde el nivel A1 (con Fe quelatado) obtuvo el mayor promedio con 13.00 g de peso seco de raíces superando estadísticamente al nivel A2 (sin Fe quelatado) quién obtuvo un promedio de 6.04 g de peso seco de raíces. Por otro lado, la prueba de rangos múltiples de Duncan (cuadro 43) para los promedios de tratamientos de los niveles del Factor B (dosis NPK + Micron), también detectó diferencias significativas entre promedios de los niveles respectivos, donde el nivel B6 (Testigo absoluto) alcanzó el mayor promedio con 12.83 g de peso seco de raíces, superando estadísticamente a los niveles B2 (0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) + Q), B3 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q), B5 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl)), B1 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST), 0.39 g (KCl) +Q) y B4 (0.7 g (NH₄NO₃), 0.4 g (ST) + Q) quienes reportaron promedios de 11.29 g, 9.61 g, 9.15 g, 8.4 g y 5.83 g de peso seco de raíces respectivamente.

En el gráfico 17, se subraya que los promedios alcanzados el nivel A1 (con Fe quelatado) en combinación con los niveles del factor B (NPK + Micron) fueron superiores a los obtenidos por el nivel A2 (sin Fe quelatado), sin embargo, el gráfico 18 nos presenta los efectos simples de la interacción de los promedios del Factor B (NPK + Micron) dentro del Factor A (Fe quelatado) y donde en

forma general todos los niveles del factor B en combinación con el nivel A1 (con Fe quelatado) alcanzaron los mayores promedios de peso seco de raíces que cuando no se combinaron con Fe quelatado (A2). Este resultado resulto siendo similar al obtenido en la evaluación del peso fresco del tallo (gráficos 11 y 12) y del peso seco del tallo (gráficos 13 y 14).

VII. CONCLUSIONES

- 7.1. Con la aplicación de Fe quelatado e independientemente de las dosis de NPK + Oligomix (micronutrientes), se obtuvieron los mayores promedios de altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, volumen fresco de raíces, peso fresco de raíces y peso fresco de hojas, con 137.04 cm, 5.53 mm, 35.1 hojas, 49.72 ml, 33.56 g y 17.33 g respectivamente.
- 7.2. La aplicación de dosis de N, P, K + Oligomix (micronutrientes) independientemente de la aplicación de Fe quelatado, no se pudo definir con claridad diferencias estadísticas significativas en la altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y volumen fresco de raíces cuyos promedios generales fueron de 143.3 cm, 5.29 mm, 30.5 hojas y 33.72 ml respectivamente.
- 7.3. Sin la aplicación de Fe quelatado e independientemente de las dosis de N, P, K + Oligomix (micronutrientes) se obtuvo el mayor promedio de área foliar con 76.24 cm² y con el nivel **B3** (0.7 g (NH₄NO₃), 0.39 g (KCl) + Q) se obtuvo el mayor promedio con 94.58 cm² de área foliar, superando estadísticamente a los promedios de los demás niveles.
- 7.4. Respecto al volumen fresco de raíces, peso fresco y seco de raíces, peso fresco y seco del tallo, los promedios más altos fueron alcanzados con el nivel A1 (con Fe quelatado) en combinación con los niveles del factor B (NPK + Oligomix) siendo superiores a los obtenidos por el nivel A2 (sin Fe quelatado).

VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1. En función a las bondades obtenidas respecto a la altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, volumen fresco de raíces, peso fresco de raíces y peso fresco de hojas, se recomienda la aplicación de Fe quelatado en una dosis de 2 g / maceta de 7 kg.

- 8.2. La no aplicación de Fe Quelatado, independientemente de la dosis de N, P, K y Micronutrientes, se pudo observar y analizar que es de necesidad la aplicación del Fe quelatado (Ultra ferro), por los resultados obtenidos y de la manera que influye en el desarrollo vegetativo de la planta.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

1. ALVAREZ - fernandez, A. M. (2000). Calidad y eficiencia de los quelatos férricos (FeDDHA, FeEDDHMA, FeEDDHSA, FeEDDHCA) como fertilizantes. Tesis de doctoral. Universidad Autónoma de Madrid
2. ARÉVALO, G. (1995). El cultivo del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Amazonía. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología - PRONARGE, Estación Experimental El Porvenir – Tarapoto, Perú. 21 pp.
3. CLARKSON, T. (1987). Ionic Relations. En: Wilkins MB. Advanced Plant Physiology. Longman Group. London.
4. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. Los fertilizantes y su Uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Cuarta edición, revisada, FAO e IFA. Roma.
5. GILLESPIE, L. J. (1994). Pollen morphology and phylogeny of the Tribe Plukenetieae (Euphorbiaceae). Ann. Missouri Botanical Garden. 81: pp. 317 – 348.
6. LINDSAY, W. L., SCHWAB, A. P. (1982). The chemistry of iron in soils and its availability to plants. J. Plant Nutr. 5:821-840.
7. LOUÉ, A. (1988). Los micronutrientes en agricultura. Ed. Mundi-Prensa España. Pp 13 – 18.
8. LÓPEZ, M. (2009). Distribución Y Fitodisponibilidad De Metales Pesados (Sb, Hg, As) En Los Jales De La Mina De Antimonio De Wadley, Estado De San Luis Potosí. Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México. 160 p.

9. LUCENA, J, (2000). C. Dpto. Química Agrícola Universidad Autónoma. 26049 Madrid. www.infoagro.com
10. MANCO, E. (2006). Cultivo de Sacha inchi. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología de la Estación Experimental Agraria "El Porvenir"-Tarapoto. San Martín-Perú.
11. MOSTACERO, J; MEJIA, F y GAMARRA, O. (2002). Taxonomía de las Fanerogamas Útiles del Perú. Volumen I. CONCYTEC. Trujillo-Perú. 667 p.
12. MURAD, E.; FISCHER, W. R. (1988). The geobiochemical cycle of iron in soils and clay minerals. (J. w. Stucki, et al. Eds). D Reidel Publishing Company : 1 – 18 ppm
13. ORMEÑO, J (2010). Manual de Fertilidad de Suelos, UNSM – T. pag 34.
14. RAMOS, F. (2006). Nutrición Vegetal. Universidad Autónoma de Aguas Calientes. 458 p.
15. SÁNCHEZ, J. (2007). Fertilidad del Suelo y nutrición mineral de plantas. Conceptos Básicos. FERTITEC S.A.

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en agosto del año 2013 y finalizó en marzo del 2014 en el Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP – San Martín), en el fundo Cuarentenario área cedida por la dirección regional de agricultura de San Martín (DRASAN), ubicado en el distrito de la Tarapoto, provincia y región de San Martín, localizado geográficamente a 06° 30' 39" latitud sur y 76° 22' 53", longitud oeste a una altitud de 260 msnmm.

El trabajo consistió en evaluar "FUENTES DE N, P, K, y MICRONUTRIENTES EN PRESENCIA Y AUSENCIA DE FIERRO QUELATADO EN EL CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) – TARAPOTO – SAN MARTÍN, PERÚ".

Para el estudio del ensayo biológico en macetería se utilizó el ecotipo Pucallpa procedente de la comunidad nativa de Lamas – "Pucallpa", seleccionadas de plantaciones libres de problemas fitosanitarios, con alto rendimiento y el material suelo que se utilizó fue recolectado del caserío Dos de Mayo distrito de San Pablo, provincia de Bellavista, departamento de San Martín.

Se realizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2 x 6, con fuentes de (Nitrato de Amonio, superfosfato triple y cloruro de potasio con 100 – 80 - 100) y Micronutrientes (OLIGOMIX) con tres repeticiones, y 6 tratamientos con presencia y sin presencia de hierro quelatado.

Las variables evaluadas y analizadas estadísticamente fueron: análisis de suelo inicial, altura de la planta, diámetro de tallo, número de hojas, volumen de la raíz y la materia seca (hoja, tallo y raíz).

Con la aplicación de Fe quelatado e independientemente de las dosis de NPK + Micron, se obtuvieron los mayores promedios de altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, volumen fresco de raíces, peso fresco de raíces y peso fresco de hojas, con 137.04 cm, 5.53 mm, 35.1 hojas, 49.72 ml, 33.56 g y 17.33 g respectivamente. La ausencia de hierro quelatado en suelos con alto índice de carbonatos de calcio en el desarrollo vegetativo del cultivo de sachá inchi permite la presencia de clorosis férrica en su desarrollo.

SUMMARY

The research took place in the Quarantine estate area ceded by the Regional Directorate of Agriculture in San Martin (DRASAM) located in the district of Tarapoto, province and region of San Martin. It is geographically located at 06 ° 30 '39' 'south latitude and 76 ° 22' 53 " west longitude at an altitude of 260 msnmm in August 2013 and ended in March 2014 at the Institute of Amazonian Research Peruana (IIAP - San Martin).

The research is to evaluate "SOURCES OF N, P, K and MICRONUTRIENT IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF IRON CHELATED GROWING SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.). - TARAPOTO - SAN MARTIN, PERU"

To study the biological assay in pots, we used the Pucallpa ecotype from the native community of Lamas - "Pucallpa" which were selected from free plantations phytosanitary problems in high yield and soil material used from the 2 May hamlet, district of San Pablo, Bellavista province, department of San Martin.

A completely randomized design factorial arrangement of 2 x 6 with sources (ammonium nitrate, triple superphosphate and potassium chloride with 100-80 -100) and micronutrients (OLIGOMIX) with three replications and six treatments presence without presence of chelated iron was the type of design applied to this research.

The variables evaluated and statistically analyzed were initial analysis of soil, plant height, and stem diameter, number of leaves, root volume and dry matter (leaf, stem and root).

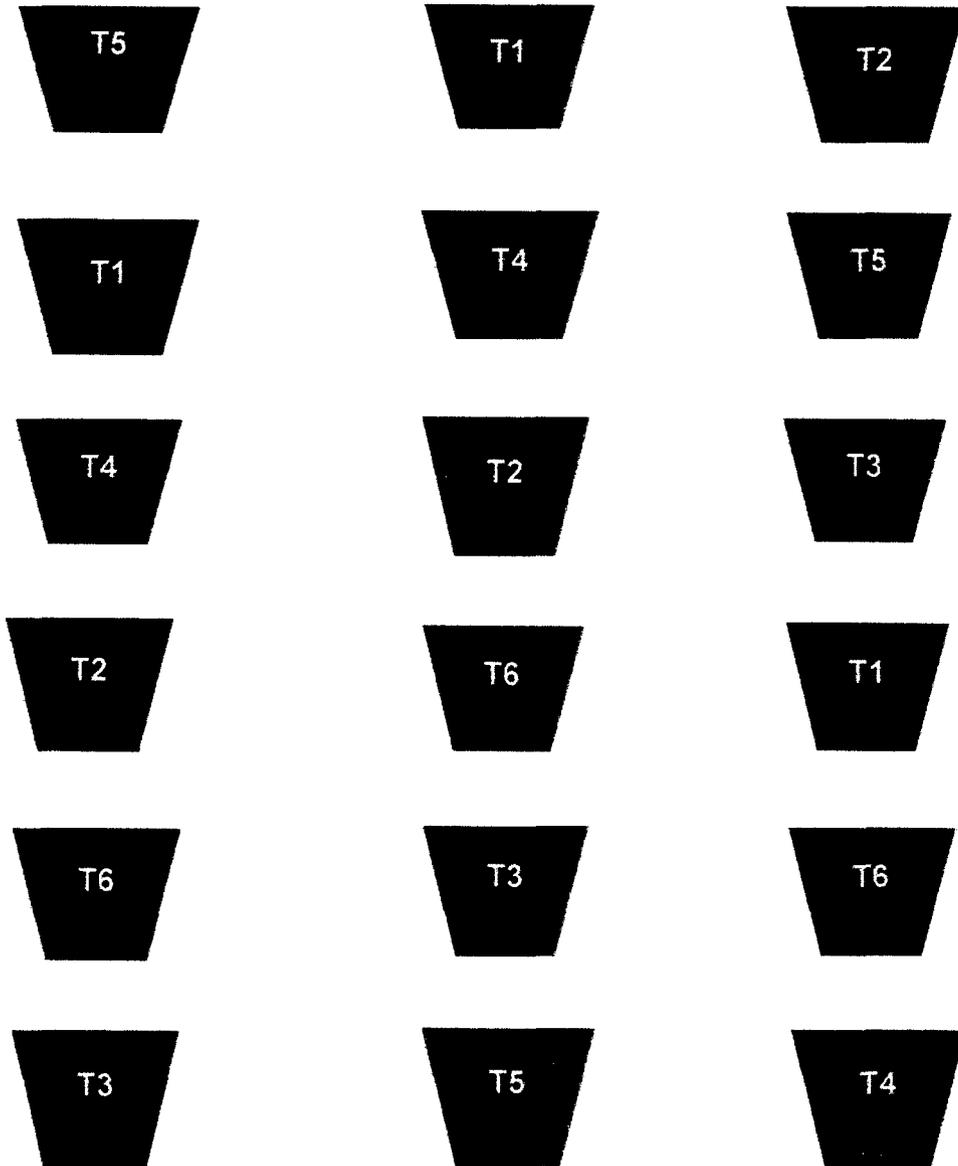
With the application of chelated Fe regardless of the dose of NPK + Micron, the largest average plant height, stem diameter, number of leaves, fresh volume of roots, fresh weight of root and leaf fresh weight were obtained with 137.04 cm, 5.53 mm, 35.1 leaves, 49.72 ml, 33.56 g and 17.33 g respectively.

The absence of chelated iron in soils with high levels of calcium carbonates in vegetative development of sachá inchi crop allows the presence of iron chlorosis in its development.

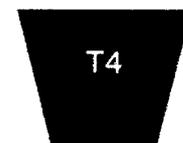
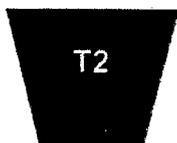
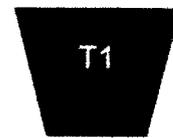
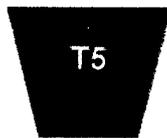
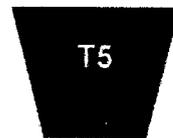
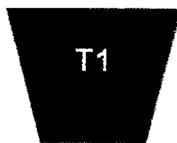
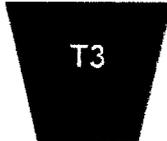
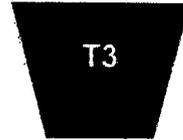
ANEXOS

Anexo 1: Croquis del experimento

Ausencia de Fe +2 (Ultra Ferro).



Presencia de Fe +2 (Ultra Ferro).



Anexo 2: Cálculos de los fertilizantes

Fertilizantes	Dosis	Calculo
Nitrato de Amonio NH_4NO_3	100 ppm	$\begin{array}{r} 1000\ 000\ \text{Kg\ suelo} \quad \text{-----} \quad 100\ \text{Kg\ de\ N} \\ 7\ \text{Kg\ suelo} \quad \text{-----} \quad X \\ X = 0.0007\ \text{Kg\ N} \\ X = 0.7\ \text{g\ N} \end{array}$ $\begin{array}{r} 100\ \text{NH}_4\text{NO}_3 \quad \text{-----} \quad 33\text{g\ N} \\ X \quad \text{-----} \quad 0.7\ \text{g\ N} \\ X = 2.12\ \text{g\ NH}_4\text{NO}_3 \end{array}$
		<p>Se fraccionó en 3 partes iguales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Primera dosis = 0.7066 g • Segunda dosis = 0.7066 g • Tercera dosis = 0.7066 g
Superfosfato triple $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	80 ppm	$\begin{array}{r} 1\ 000\ 000\ \text{Kg\ suelo} \quad \text{-----} \quad 80\ \text{Kg\ P}_2\text{O}_5 \\ 7\ \text{Kg} \quad \text{-----} \quad X \\ X = 0.00056\ \text{Kg\ P}_2\text{O}_5 \\ X = 0.56\ \text{g\ P}_2\text{O}_5 \end{array}$ $\begin{array}{r} 100\ \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \quad \text{-----} \quad 46\ \text{g\ P}_2\text{O}_5 \\ X \quad \text{-----} \quad 0.56\ \text{g\ P}_2\text{O}_5 \\ X = 1.22\ \text{g\ Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \end{array}$
		<p>Dosis única antes de la siembra</p>
Cloruro de Potasio KCl	100 ppm	$\begin{array}{r} 1\ 000\ 000\ \text{Kg\ suelo} \quad \text{-----} \quad 100\ \text{Kg\ K}_2\text{O} \\ 7\ \text{Kg} \quad \text{-----} \quad X \\ X = 0.0007\ \text{Kg\ K}_2\text{O} \\ X = 0.7\ \text{g\ K}_2\text{O} \end{array}$ $\begin{array}{r} 100\ \text{KCl} \quad \text{-----} \quad 60\ \text{g\ K}_2\text{O} \\ X \quad \text{-----} \quad 0.7\ \text{g\ K}_2\text{O} \\ X = 1.17\ \text{g\ KCl} \end{array}$
		<p>Se fracciono en 3 partes : 0,39 g KCl</p>

Anexo 3:

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA. DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS. AGUAS, PLANTAS Y FERTILIZANTES

ANALISIS DE SUELO

Solicitante : INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LA AMAZONIA PERUANA
 Departamento : SAN MARTIN Provincia : BELLAVISTA
 Distrito : SAN PABLO Lugar : SUSTRATO - DOS DE MAYO
 Referencia : H.R39601-029C-13 Fecha : 01/04/13

Número de Muestras		pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O	P Ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla		
								%	%	%		
4387	S01, N° de Parcela 01	7.66	0.42	18.10	1.95	3.3	298	37	40	23	Fr.	28,80
Cationes Cambiables								Suma de cationes	Suma de bases	% Sat, de Bases		
Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺								
26.40	1.58	0.65	0.17	0.00	28.80	28,8	100					

Anexo 4: Análisis de agua

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS, PLANTAS Y
FERTILIZANTES

ANALISIS DE AGUA

Solicitante : INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LA AMAZONIA
PERUANA

Departamento : San Martin **Provincia** : San Martin

Distrito : Tarapoto **Lugar** : Cuarentenario

Referencia : H.R - 39602

N° Laboratorio		185	
N° Campo		CTRIO	
		Cuarentenario	
Ph		5.90	
C.E dS/m		0.12	
Calcio meq/L		0.84	
Magnesio meq/L		0.25	
Potasio meq/L		0.03	
Sodio meq/L		0.13	
Suma de Cationes		Suma de Aniones	
Nitratos meq/L	0.01	Sodio %	10.40
Carbonatos meq/L	0.00	RAS	0.18
Bicarbonatos meq/L	0.57	Boro ppm	0.03
Sulfatos meq/L	0.23	Clasificación	C1-S1
Cloruros meq/L	0.40		

Anexo 6: Datos que fueron procesados con el programa estadístico SPSS 19.

Altura de la planta

Con aplicación de Fe quelatado

Novena Evaluación: 06/11/2013.				
	R1	R2	R3	X
T1	143.6	143.2	180	155.60
T2	142.2	156	139.2	98.40
T3	171.4	242	134.8	182.73
T4	173	155.5	121.4	149.97
T5	134.6	90.9	176	133.83
T6	89.8	189	141.5	140.10

Sin aplicación de Fe quelatado

Novena Evaluación: 06/11/2013.				
	R1	R2	R3	X
T1	81.5	131	153.1	121.87
T2	34	125.6	128.8	96.13
T3	116.2	136	148.3	133.50
T4	29.4	155.8	121	102.07
T5	122.5	146	152.1	140.20
T6	137	128	146.4	137.13

Fe quelatado	Dosis NPK Micronutrientes	Altura de planta
1	1	143.60
1	1	143.20
1	1	180.00
1	2	142.20
1	2	156.00
1	2	139.20
1	3	171.40
1	3	242.00
1	3	134.80
1	4	173.00
1	4	155.50
1	4	121.40
1	5	134.60
1	5	90.90
1	5	176.00
1	6	89.80
1	6	189.00
1	6	141.50
2	1	81.50
2	1	131.00
2	1	153.10
2	2	34.00
2	2	125.60
2	2	128.80
2	3	116.20
2	3	136.00
2	3	148.30
2	4	29.40
2	4	155.80
2	4	121.00
2	5	122.50
2	5	146.00
2	5	152.10
2	6	137.00
2	6	128.00
2	6	146.40

Diámetro del tallo:

Con aplicación de Fe quelatado

Evaluación: 11/12/2013.				
	R1	R2	R3	X
T1	5.32	6.45	5.23	5.67
T2	4.83	6.87	5.32	5.67
T3	5.92	6.23	5.14	5.76
T4	5.21	5.74	5.09	5.35
T5	5.13	5.8	6.21	5.71
T6	5.17	5.36	4.46	5.00

Sin aplicación de Fe quelatado

Evaluación: 11/12/2013.				
	R1	R2	R3	X
T1	4.6	4.82	5.24	4.89
T2	5.1	5.21	4.63	4.98
T3	4.71	4.92	5.71	5.11
T4	4.82	4.75	5.23	4.93
T5	4.73	5.32	5.62	5.22
T6	5.13	4.72	5.7	5.18

Fe quelatado	Dosis NPK Micronutrientes	Diámetro del tallo
1	1	5.32
1	1	6.45
1	1	5.23
1	2	4.83
1	2	6.87
1	2	5.32
1	3	5.92
1	3	6.23
1	3	5.14
1	4	5.21
1	4	5.74
1	4	5.09
1	5	5.13
1	5	5.8
1	5	6.21
1	6	5.17
1	6	5.36
1	6	4.46
2	1	4.6
2	1	4.82
2	1	5.24
2	2	5.1
2	2	5.21
2	2	4.63
2	3	4.71
2	3	4.92
2	3	5.71
2	4	4.82
2	4	4.75
2	4	5.23
2	5	4.73
2	5	5.32
2	5	5.62
2	6	5.13
2	6	4.72
2	6	5.7

N° De hojas:

Con aplicación de Fe quelatado

CATORCEAVA Evaluación: 11/12/2013.				
	R1	R2	R3	X
T1	44	44	38	42.0
T2	35	42	30	35.7
T3	40	32	19	30.3
T4	46	35	31	37.3
T5	27	31	30	29.3
T6	38	32	26	32.0

Sin aplicación de Fe quelatado

CATORCEAVA Evaluación: 11/12/2013.				
	R1	R2	R3	X
T1	11	6	35	17.3
T2	14	31	27	24.0
T3	18	19	20	19.0
T4	10	27	32	23.0
T5	9	26	26	20.3
T6	21	37	10	22.7

Fe quelatado	Dosis NPK Micronutrientes	N° de hojas
1	1	44
1	1	44
1	1	38
1	2	35
1	2	42
1	2	30
1	3	40
1	3	32
1	3	19
1	4	46
1	4	35
1	4	31
1	5	27
1	5	31
1	5	30
1	6	38
1	6	32
1	6	26
2	1	11
2	1	6
2	1	35
2	2	14
2	2	31
2	2	27
2	3	18
2	3	19
2	3	20
2	4	10
2	4	27
2	4	32
2	5	9
2	5	26
2	5	26
2	6	21
2	6	37
2	6	10

Área foliar:

Con aplicación de Fe quelatado

09/10/2013	
T1	76.83
T2	80.36
T3	83.59
T4	54.61
T5	43.64
T6	96.19

Sin aplicación de Fe quelatado

09/10/2013	
T1	53.72
T2	94
T3	105.5
T4	46.23
T5	89.9
T6	68.23

Fe quelatado	Dosis NPK Micronutrientes	Área Foliar (cm2)
1	1	76.83
1	1	
1	1	
1	2	80.36
1	2	
1	2	
1	3	83.59
1	3	
1	3	
1	4	54.61
1	4	
1	4	
1	5	43.64
1	5	
1	5	
1	6	96.19
1	6	
1	6	
2	1	53.72
2	1	
2	1	
2	2	94
2	2	
2	2	
2	3	105.5
2	3	
2	3	
2	4	46.23
2	4	
2	4	
2	5	89.9
2	5	
2	5	
2	6	68.23
2	6	
2	6	

Fe quelatado	Dosis NPK Micronutrientes	Altura de planta cm	Diámetro del tallo mm	N° de hojas	N° de hojas (transformado)	Área Foliar (cm ²)	% emergencia	% emergencia (Transformado)	Volumen fresco de raíces (ml)	Peso de raíces fresco (g)	Peso fresco de hojas (g)	Peso fresco del tallo (g)	Peso seco de hojas (g)	Peso seco del tallo (g)	Peso seco de raíces (g)
1	1	143.60	5.32	44	6.63	76.83	83.33	9.13	35	24	21	45	5.88	12.6	9.80
1	1	143.20	6.45	44	6.63	80.83		0.00	38	26	19	44	5.32	12.32	10.64
1	1	140.00	5.23	40	6.32	71.83		0.00	40	24	18	46	5.04	12.88	11.20
1	2	142.20	4.83	35	5.92	80.36	83.33	9.13	65	37	22	37	6.16	10.36	18.20
1	2	156.00	6.87	40	6.32	80.70		0.00	65	44	24	35	6.72	9.8	18.20
1	2	139.20	5.32	30	5.48	79.89		0.00	70	40	24	34	6.72	9.52	19.60
1	3	171.40	5.92	40	6.32	83.59	100.00	10.00	47	31	21	24	5.88	6.72	13.16
1	3	142.00	6.23	32	5.66	80.6		0.00	55	34	20	27	5.6	7.56	15.40
1	3	134.80	5.14	35	5.92	86.5		0.00	45	29	18	22	5.04	6.16	12.60
1	4	173.00	5.21	41	6.40	54.61	100.00	10.00	26	25	17	32	4.76	8.96	7.28
1	4	155.50	5.74	35	5.92	58.5		0.00	25	21	14	24	3.92	6.72	7.00
1	4	121.40	5.09	31	5.57	50.1		0.00	25	27	18	24	5.04	6.72	7.00
1	5	134.60	5.13	27	5.20	43.64	83.33	9.13	45	36	14	33	3.92	9.24	12.60
1	5	140.90	5.8	31	5.57	40.51		0.00	35	29	20	36	5.6	10.08	9.80
1	5	156.00	6.21	30	5.48	46.46		0.00	30	31	15	31	4.2	8.68	8.40
1	6	169.00	5.17	38	6.16	96.19	83.33	9.13	65	45	13	26	3.64	7.28	18.20
1	6	189.00	5.36	32	5.66	90.2		0.00	60	43	12	30	3.36	8.4	16.80
1	6	141.50	4.46	30	5.48	101.1		0.00	65	50	15	33	4.2	9.24	18.20
2	1	145.50	4.6	21	4.58	53.72	83.33	9.13	20	24	20	21	5.6	5.88	5.60
2	1	131.00	4.82	25	5.00	50.6		0.00	22	27	21	19	5.88	5.32	6.16
2	1	153.10	5.24	35	5.92	56.2		0.00	25	26	24	24	6.72	6.72	7.00
2	2	134.00	5.1	30	5.48	94.00	100.00	10.00	15	17	14	13	3.92	3.64	4.20
2	2	125.60	5.21	31	5.57	98.1		0.00	17	18	12	12	3.36	3.36	4.76
2	2	128.80	4.63	27	5.20	90.2		0.00	10	14	18	14	5.04	3.92	2.80
2	3	116.20	4.71	18	4.24	105.50	83.33	9.13	25	17	10	17	2.8	4.76	7.00

2	3	136.00	4.92	19	4.36	100.4		0.00	19	15	11	15	3.08	4.2	5.32
2	3	148.30	5.71	20	4.47	110.9		0.00	15	16	9	13	2.52	3.64	4.20
2	4	129.40	4.82	28	5.29	46.23	100.00	10.00	18	29	7	18	1.96	5.04	5.04
2	4	155.80	4.75	27	5.20	40.3		0.00	15	12	6	17	1.68	4.76	4.20
2	4	121.00	5.23	32	5.66	51.9		0.00	16	35	19	21	5.32	5.88	4.48
2	5	132.50	4.73	25	5.00	89.90	83.33	9.13	24	46	15	20	4.2	5.6	6.72
2	5	146.00	5.32	26	5.10	85.8		0.00	27	44	14	24	3.92	6.72	7.56
2	5	152.10	5.62	26	5.10	93.8		0.00	35	48	19	29	5.32	8.12	9.80
2	6	137.00	5.13	21	4.58	68.23	100.00	10.00	30	28	27	25	7.56	7	8.40
2	6	128.00	4.72	37	6.08	66.8		0.00	30	30	17	26	4.76	7.28	8.40
2	6	146.40	5.7	27	5.20	69.8		0.00	25	25	22	22	6.16	6.16	7.00
Promedios		143.33	5.29	30.83	5.52	74.30	30.09	3.16	34.00	29.64	16.94	25.92	4.74	7.26	9.52

