UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ESCUELA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Efecto del nitrógeno, hierro y molibdeno en la fijación biológica de N en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L) variedad Tarapoto.

AUTORES:

Cobeña Loor Ana Karen

Mera Macías Bryan Stiven

TUTOR:

Ing. Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca Ph.D.

Santa Ana – Manabí – Ecuador

2021

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres, Segundo Mera Cevallos y María Macías Mieles, por ser pilares fundamentales en mi vida, por enseñarme a no rendirme durante momentos difíciles, por brindarme el mejor ejemplo a seguir y por siempre animarme a convertirme en una gran profesional.

A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos y familiares que se han hecho presente directa e indirectamente durante mis estudios de titulación.

Mera Macías Bryan Stiven

AGRADECIMIENTO

A Dios, por otorgarme la vida, sabiduría y fortaleza necesaria para cumplir con mis objetivos y metas.

Ante mano le agradezco a mis padres, Segundo Mera Cevallos y María Macías Mieles, por haberme apoyado en este logro.

A mí tutor de tesis Ing. Edisson Cuenca Cuenca PhD por estar pendiente en la dirección de la presente investigación y a mi compañera de tesis Ana Karen Cobeña Loor por brindarme su apoyo y ayuda siempre que la necesite.

A mis amigos/as por brindarme su ayuda y apoyo.

A la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí por convertirme en un profesional y gracias a cada uno de sus docentes que aportaron con sus conocimientos y enseñanzas en mí formación.

Mera Macías Bryan Stiven

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis primero a DIOS por darme salud, sabiduría y fortaleza y por ser el guiador de mi camino para cumplir este logro.

A mis padres quienes han hecho de mí una persona de bien.

Especialmente a mis dos bendiciones mis hijos Elkin y Miley por ser mi motivación, instrumento necesario para triunfar y llevar a cabo mis estudios los amo con mi alma.

A mis hermanos, tías, primos, amigos y cada una de las personas que estuvieron en esta etapa de mi vida por su apoyo incondicional.

Cobeña Loor Ana Karen

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar mi carrera universitaria con su bendición y con mi esfuerzo logre cumplir mi objetivo.

Eterno agradecimiento a mis padres Guido Cobeña y Sonia Loor que con sus valores y enseñanzas han hecho de mi la profesional que anhelaban.

A mis hijos Elkin y Miley por todo el apoyo incondicional, la compresión, paciencia y además la confianza que depositaron en esta etapa de mi vida.

A Carolina Plaza por ayudarme con mis hijos incondicionalmente. Agradezco a mi familia, compañeros, amigos en especial a Jenny, Génesis y Ximena y cada una de las personas que estuvieron siempre motivándome y ayudándome para cumplir esta meta.

A la Universidad Técnica de Manabí (UTM) y al personal que labora en la Facultad de Ingeniería Agronómica por darnos la oportunidad de realizarnos como profesionales, gracias a cada uno de los docentes que aportaron con sus conocimientos.

Expreso mi gratitud al Ing. Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca PhD., por el tiempo dedicado, el apoyo y por impartir sus conocimientos que han sido muy valioso para mi carrera.

A mi compañero de tesis Bryan Mera Macías por la motivación, paciencia y por su gran profunda colaboración en el trabajo. A Paola Loor y Estefanía Pinargote por compartir cada momento de nuestros estudios.

A todos muchas gracias.

Cobeña Loor Ana Karen

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO

Ing. EDISSON WILFRIDO CUENCA CUENCA. PhD.

CERTIFICO:

Que la tesis de grado titulada "**Efecto del nitrógeno, hierro y molibdeno en la fijación biológica de N en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L) variedad Tarapoto)"** es trabajo original de los señores egresados Cobeña Loor Ana Karen y Mera Macías Bryan Stiven, el cual fue realizado bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones y reglamentos establecidos en su ejecución.

Santa Ana, marzo 2021

Ing. Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca PhD.

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN DEL REVISOR DEL TRABAJO

Ing. FRANCISCO JAVIER ARTEAGA ALCÍVAR. PhD.

CERTIFICO:

Que he revisado estilo y ortografía del trabajo de titulación **"Efecto del nitrógeno, hierro y molibdeno en la fijación biológica de N en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L) variedad Tarapoto"** elaborados por Cobeña Loor Ana Karen y Mera Macías Bryan Stiven, el presente trabajo ha sido escrito de acuerdo a las normas ortográficas y sintaxis vigentes **"en el reglamento de la unidad de titulación especial de la Universidad Técnica de Manabí".**

Ing. Francisco Javier Arteaga Alcívar PhD.

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA

´´ Efecto del nitrógeno, hierro y molibdeno en la fijación biológica de N en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L) variedad Tarapoto".

TRABAJO DE TITULACIÓN

Sometida a consideración del Tribunal de Seguimiento y Evaluación, legalizada por el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Dr. George Cedeño García PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Adriana Celi Soto Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Fredy Santana Parrales Mg. Eds.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR

COBEÑA LOOR ANA KAREN Y MERA MACÍAS BRYAN STIVEN, declaramos bajo juramento que es de nuestra autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración de este trabajo investigativo es de sumo derecho de propiedad intelectual de los autores.

COBEÑA LOOR ANA KAREN
EGRESADA

MERA MACÍAS BRYAN STIVEN
EGRESADO

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO v
CERTIFICACIÓN DEL REVISOR DEL TRABAJO vi
CERTIFICACIÓN DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN vii
DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR viii
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS xiii
ÍNDICE DE ANEXOS xiv
RESUMEN xvi
ABSTRACT xvii
1 INTRODUCCIÓN 1
2 OBJETIVOS 3
2.1 General 3
2.2 Específicos 3
3 MARCO TEÓRICO 4
3.1 Generalidades del cultivo de maní 4
3.1.1 Taxonomía del cultivo de maní 4
3.1.2 Origen del cultivo 4
3.1.3 Descripción del cultivo de maní 4
3.2 Fertilización y requerimientos nutricionales del maní. 5
3.2.1 Nitrógeno (N) 5
3.2.2 Molibdeno (Mo) 6
3.2.3 Hierro (Fe) 6
3.2.4 Azufre (S) 7
3.2.5 Fósforo (P) 7

3.2.6 Potasio (K) 8
3.2.7 Calcio (Ca) 8
3.2.8 Magnesio (Mg) 8
3.3 Características del maní variedad Tarapoto INIAP-380 9
3.4 Factores del suelo que afectan la disponibilidad de N, Fe, Mo 9
3.4.1 Factores que afectan la disponibilidad de N 9
3.4.2 Factores que afectan la disponibilidad de Fe 10
3.4.3 Factores que afectan la disponibilidad de Mo 10
3.4.4 Condiciones que predisponen una deficiencia de micronutrientes 10
4 METODOLOGÍA 11
4.1 Diseño de la Investigación 11
4.1.1 Ubicación 11
4.1.2 Características climatológicas 11
4.1.3 Características pedológicas 11
4.1.4 Análisis físico químico de suelo 11
4.1.5 Material genético 12
4.1.6 Diseño experimental 12
4.1.7 Delineamiento experimental 12
4.1.8 Tratamientos. 12
4.1.9 Manejo del ensayo 13
4.2 Definición de variables 14
4.2.1 Materia seca de órganos del cultivo de maní 14
4.2.2 Rendimiento (kg ha^{-1}) 14
4.2.3 Número de vainas 15
4.2.4 Número de nódulos formados y activos 15

4.2.5 Concentración de nitrógeno en hojas en etapa de floración 15
4.2.6 Absorción de macronutrientes en maní..... 16
4.3 Análisis de datos..... 16
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 17
5.1 Comportamiento agronómico del cultivo de maní variedad Tarapoto..... 17
5.1.1 Generación de materia seca en diferentes órganos de maní 17
5.1.2 Producción del maní 18
5.2 Nodulación y concentración de N foliar en el cultivo de maní variedad Tarapoto..... 20
5.2.1 Número de nódulos totales por planta 20
5.2.2 Actividad nodular..... 21
5.2.3 Concentración de Nitrógeno a nivel foliar..... 22
5.3 Absorción de macronutrientes en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 23
5.3.1 Absorción de nitrógeno en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 23
5.3.2 Absorción de fósforo en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 24
5.3.3 Absorción de potasio en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 25
5.3.4 Absorción de calcio en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 25
5.3.5 Absorción de magnesio en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 26
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 28
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 29
8 ANEXOS 37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de las características químicas del suelo en estudio 11

Tabla 2. Nutrientes a aplicar por tratamientos 13

Tabla 3. Generación de materia seca en diferentes órganos del maní 17

Tabla 4. Evaluación de la producción de maní 19

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Nódulos generados por planta de maní (Tarapoto)..... 20

Gráfico 2. Porcentaje de nódulos activos en plantas de maní Tarapoto 21

Gráfico 3. Concentración de N foliar en floración en el cultivo de maní (Tarapoto)..... 22

Gráfico 4. Absorción total de N en el cultivo de maní variedad Tarapoto 23

Gráfico 5. Absorción total de P en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 24

Gráfico 6. Absorción total de K en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 25

Gráfico 7. Absorción total de Ca en el cultivo de maní variedad Tarapoto..... 26

Gráfico 8. Absorción total de Mg en el cultivo de maní variedad Tarapoto..... 27

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Limpieza del terreno previo a la instalación de la investigación. 37

Anexo 2. Instalación del riego por aspersión en el cultivo de maní 38

Anexo 3. Siembra del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). 38

Anexo 4. Aplicación de fertilizantes en el cultivo de maní 39

Anexo 5. Cosecha del cultivo de maní 40

Anexo 6. Materia seca de órganos del cultivo de maní 41

Anexo 7. Conteo de número de nódulos totales y activos 42

Anexo 8. Anova de la variable peso seco de raíz en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 43

Anexo 9. Anova de la variable peso seco de tallo en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 43

Anexo 10. Anova de la variable peso seco de hoja en el cultivo de maní variedad Tarapoto..... 43

Anexo 11. Anova de la variable peso seco de cascara en el cultivo de maní variedad Tarapoto... 44

Anexo 12. Anova de la variable vaina por planta en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 44

Anexo 13. Anova de la variable del rendimiento en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 44

Anexo 14. Anova de la variable nódulo total en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 45

Anexo 15. Anova de la variable nódulo activo en el cultivo de maní variedad Tarapoto. 45

Anexo 16. Anova de la variable nitrógeno en hoja en el cultivo de maní variedad Tarapoto..... 45

Anexo 17. Anova de la variable absorción de nitrógeno en el cultivo de maní variedad Tarapoto…. 46
Anexo 18. Anova de la variable absorción de fósforo en el cultivo de maní variedad Tarapoto…….. 46
Anexo 19. Anova de la variable absorción de potasio en el cultivo de maní variedad Tarapoto…..… 46
Anexo 20. Anova de la variable absorción de calcio en el cultivo de maní variedad Tarapoto…. 47
Anexo 21. Anova de la variable absorción de magnesio en el cultivo de maní variedad Tarapoto….. 47

RESUMEN

El maní (*Arachis hypogaea* L) es un cultivo relativamente importante porque es muy apetecido por los humanos, además, por ser una leguminosa es considerado como uno de los cultivos que pueden mejorar la calidad del suelo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del nitrógeno, hierro y molibdeno en la fijación biológica de N en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L) variedad Tarapoto. Este trabajo fue ejecutado en el sitio San Jacinto de la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí. Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con ocho tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos constaron de combinaciones de nitrógeno (0 aplicación – 160 kg ha^{-1}), molibdeno (0 aplicación – 2,8 kg ha^{-1}), e hierro (0 aplicación – 2 kg ha^{-1}). Las variables evaluadas fueron; materia seca de los órganos (raíz, tallo, hojas, cáscara de vainas y granos), rendimiento en cáscara, número de vainas, número de nódulos formados, porcentaje de nódulos activos, concentración de nitrógeno en hojas (floración) y absorción de macronutrientes. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas en materia seca (tallo, raíz, hoja, cáscara) y rendimiento, siendo el tratamiento 3 el que alcanzó los mayores valores. Por otra parte, el T3 que se fertilizó con 2,8 kg de Mo ha^{-1} también obtuvo los mayores valores de nódulos totales y activos por plantas, mientras que la concentración de nitrógeno en hoja en época de floración presentó mayor concentración de N en el tratamiento 6 el cual consistió en aplicación de hierro y nitrógeno. La absorción de N se vio influenciada por la aplicación de molibdeno, ocasionando una mayor asimilación de este nutriente; mientras que la absorción de P, K y Ca fue mayormente en el tratamiento 2, puesto que la aplicación de N permitió dicho incremento al haber sinergismo entre estos nutrientes.

Palabras claves: Absorción de nutrientes, leguminosa, materia seca, nódulos activos, rendimiento.

ABSTRACT

Peanut (*Arachis hypogaea* L) is a relatively important crop because it is highly desired by humans, and because it is a legume it is considered one of the crops that can improve soil quality. The objective of this research was to evaluate the effect of nitrogen iron and molybdenum on the biological fixation of N in the cultivation of peanuts (*Arachis hypogaea* L) variety Tarapoto. This work was carried out at the San Jacinto site in the Lodana parish of the Santa Ana canton, Manabí province. The treatments were established under a completely randomized block design (DBCA), with eight treatments and three repetitions. The treatments consisted of combinations of nitrogen (0 application - 160 kg ha^{-1}), molybdenum (0 application - 2.8 kg ha^{-1}), and iron (0 application - 2 kg ha^{-1}). The variables evaluated were; dry matter of the organs (root, stem, leaves, shell of pods and grains), yield in shell, number of pods, number of nodules formed, percentage of active nodules, nitrogen concentration in leaves (flowering) and absorption of macronutrients. The results showed highly significant differences in dry matter (stem, root, leaf, shell) and yield, being treatment 3 the one that reached the highest values. On the other hand, the T3 that was fertilized with 2.8 kg of Mo ha^{-1} also obtained the highest values of total and active nodules per plants, while the nitrogen concentration in the leaf in the flowering season presented a higher concentration of N in Treatment 6 which consisted of applying iron and nitrogen. The absorption of N was influenced by the application of molybdenum, causing a greater assimilation of this nutrient; while the absorption of P, K and Ca was mainly in treatment 2, since the application of N allowed said increase to have synergism between these nutrients.

Keywords: Nutrient absorption, legume, dry matter, active nodules, yield.

1 INTRODUCCIÓN

El maní *(Arachis hypogaea* L.), a nivel mundial es considerado como un cultivo de importancia dentro de las leguminosas de grano, debido a su alto consumo en la canasta diaria (Holbrook, 2001); en Ecuador, y especialmente en Manabí, la importancia de este producto radica en que el grano es usado para la elaboración de pasta de maní, salprieta, maní salado y maní garrapiñado (Gobierno Provincial de Manabí, 2017); en el mismo sentido Ayala (2009), sugiere que los altos contenidos de aceite, proteínas, vitaminas y minerales hacen que el maní sea una excelente fuente alimenticia para los humanos, siendo utilizados ampliamente por las industrias para la elaboración de dulces chocolates y pastelería.

Este cultivo es originario de Argentina y sur de Bolivia y se ha expandido en los diferentes países de Sudamérica por ser una planta que se adapta a diferentes condiciones climáticas, entre los principales países productores de maní esta China, India y Estados Unidos; en Ecuador ha sido un cultivo tradicional, siendo Manabí y Loja las principales provincias productoras (Ulluary et al., 2004), según datos del INEC (2019), la superficie sembrada a nivel nacional es de 6.567 (Has), cosechándose 6.316 Has, alcanzando una producción de 4.950 Toneladas métricas (Tm). El rendimiento en otros países como Argentina y Brasil (Pedelini, 2012) superan los 3.000 y 7000 kg ha^{-1} respectivamente, siendo estos valores superiores a los reportados en Ecuador, los cuales no sobrepasan los 1.000 kg ha^{-1}, viéndose afectado en su mayoría por el mal manejo agronómico, ente los que se destaca la fertilización que le dan los productores al cultivo (Ulluary et al., 2004).a

El cultivo del maní en Ecuador es considerado un cultivo tradicional que no ha tenido un adecuado desarrollo debido a sus bajos rendimientos, no cubre las necesidades del consumo interno, generando un déficit para la industria de aceites, grasas vegetales y confitería (Ayala 2009), La baja productividad mostrada en el cultivo del maní en Ecuador, se debe básicamente a la falta de variedades mejoradas, fertilización adecuada, riego y problemas fitosanitarios (Zapata et al., 2012).

La fertilización en los cultivos es de mucha importancia, puesto que el suelo en algunas ocasiones no aporta con los nutrientes necesarios para que las plantas tengan un buen rendimiento (FAO, 2002). Desde el punto de vista nutricional, Paredes (2013), sugiere que cuando hay mayor presencia de N en el suelo, existen menos posibilidades para la fijación biológica de nitrógeno y cuando hay menor presencia de N en el suelo la fijación biológica de nitrógeno es mayor,

dependiendo de la cantidad y la época que se aplique el fertilizante nitrogenado pueden tener un efecto beneficioso o perjudicial para la fijación biológica natural (FBN).

Por ser una leguminosa fija N atmosférico, pero la fijación biológica no abastece la necesidad del cultivo, ya que las cepas *Rhizobium* no logran ser eficientes, habiendo la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados, y así incrementar los rendimientos (Pendellini, 2012). El maní es caracterizado por acumular importantes cantidades de proteína en grano, alcanzando valores del 40% en promedio, dando un aporte al suelo, se considera a la fijación de nitrógeno una asociación mutualista entre planta y bacteria (Paredes, 2013). El molibdeno se encuentra estrechamente relacionado con la reducción de nitrato a amoniaco, por lo cual su requerimiento depende mucho de la forma de abastecimiento de nitrógeno a las plantas; además el requerimiento de molibdeno es particularmente en especies que desempeña fijación biológica de nitrógeno puesto que facilita la reducción del nitrógeno atmosférico (INTAGRI, 2018b). La carencia de molibdeno afecta la nodulación ya que es indispensable para el funcionamiento de las bacterias, el aumento de N favorece el desarrollo vegetativo el cual provoca un descenso en el rendimiento (Vijil, 2001).

Por otra parte, para que la fijación biológica de N sea posible hay un sistema enzimático que lo lleva a cabo, que se denomina nitrogenasa, el cual está separado de los componentes, el componente I Mo-Fe proteína y el componente II Fe-proteína; estos componentes donan electrones para que ocurra la verdadera reducción de N (Fernández et al., 2002); en este sentido el hierro y molibdeno son vitales para el buen funcionamiento del sistema nitrogenasa, si uno de ellos están en cantidades insuficientes el proceso se verá alterado.

2 OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el efecto del nitrógeno, hierro y molibdeno en la fijación biológica de N en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L) variedad Tarapoto.

2.2 Específicos

- Determinar el efecto del nitrógeno, hierro y molibdeno sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maní variedad Tarapoto.
- Analizar el efecto de los tratamientos sobre la nodulación y concentración de N foliar en el cultivo de maní variedad Tarapoto.
- Diagnosticar la influencia del nitrógeno, hierro y molibdeno sobre absorción de macronutriente en el cultivo de maní variedad Tarapoto

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades del cultivo de maní

3.1.1 Taxonomía del cultivo de maní

Según Soberanis (2002), la clasificación taxonómica del cultivo de maní es la siguiente:

Reino: Planta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Sub familia: Faboideae

Género: *Arachis*

Especie: *hypogaea*.

Nombre científico: *Arachis hypogaea* L.

Nombre vulgar: Maní o Cacahuete.

3.1.2 Origen del cultivo

El maní (*Arachis hypogaea* L.), es una planta anual que pertenece a la familia de las leguminosas y es considerado como uno de los alimentos fundamentales de muchos países del mundo. Según algunos historiadores el maní procede de Sudamérica, de la zona tropical de Perú y Brasil (Guamán, 2004).

3.1.3 Descripción del cultivo de maní

Se caracteriza por sus frutos que son en forma de vainas con semillas que se desarrollan de forma subterránea (Pedelini, 2012). El tallo puede ser angular o cilíndrico, con entrenudos marcados por la inserción de las ramas y hojas que pueden ser glabras o pubescentes según la variedad, las hojas son estipuladas y tetrafoliadas, en tanto las inflorescencias, que se originan en los nudos reproductivos, tienen de tres a cinco flores, generalmente con corola amarilla, que se encuentran sobre las ramificaciones o tallo principal, dependiendo de la variedad (Zapata et al., 2017).

3.2 Fertilización y requerimientos nutricionales del maní.

Boretto y Pedellini señalan (2011), que para poder tener una fertilización adecuada se bebe realizar un análisis de suelo previo a la siembra, debido que el suelo tiene bajos aporte de nutrientes por efecto de la degradación, el maní es eficiente en aprovechar los nutrientes del suelo debido a la penetración de sus raíces.

Según Zambrano et al. 2011, probaron cinco niveles de N en dos variedades y ambas tuvieron similares comportamientos debido a que este nutriente no se encuentra en forma disponible para las plantas es recomendable hacer la fertilización directa con la dosis adecuada acuerdo a la necesidad del cultivo. Pedellini (2012), mencionó que el maní responde de forma errática a la aplicación directa de fertilizantes nitrogenados ya que esto incrementa su producción y fertilidad residual será aprovechada. Martínez (2007), recomienda la aplicación de 10 a 20 kg de N ha^{-1}, aunque el maní es una leguminosa y por lo tanto posee la facultad de incorporar nitrógeno atmosférico al suelo.

3.2.1 Nitrógeno (N)

Es considerado uno de los nutrientes más limitante en el desarrollo biológico de las plantas, puesto que es uno de los componentes esenciales en las estructuras proteicas; su baja disponibilidad en los suelos agrícolas y los altos costos económicos dan lugar a generar una alternativa para mejorar la fijación biológica de nitrógeno y solucionar los problemas de disponibilidad de este nutriente en el suelo y aumentar la productividad (Fernández et al., 2002).

Las plantas asimilan el N en forma de amonio (NH_4^+) y en forma de nitrato (NO_3^-) desde la solución del suelo, el atmosférico los microorganismos lo convierten de su forma no asimilable a amoniaco a través de la enzima llamada nitrogenada de la cual se da la producción de proteínas, siendo las bacterias (*Rhizobium*) y cianobacterias microorganismos fijadores (Paredes, 2013). Para que otros elementos se combinen con el nitrógeno este tiene que tener una estabilidad, ya que es difícil de ser asimilado por los organismos porque conlleva gran cantidad de energía (Calvo, 2011).

Vargas y Ramírez (1989), evaluaron el efecto de la inoculación con *Rhizobium* y de la fertilización con N, P y Mo sobre el crecimiento de soja (*Glycine max* cv. Júpiter) y del maní (*Arachis hypogaea* cv. Argentina), bajo irrigación en la estación experimental Enrique Jiménez Núñez, en Cañas Guanaste; los resultados en soja mostraron que el rendimiento fue afectado por las semillas inoculadas, siendo máximo el del tratamiento donde se fertilizó con 30 kg ha^{-1} inoculado, 100 kg

P_2O_5 ha^{-1} y 2,8 kg Mo ha^{-1}, mientras que para el caso del maní únicamente se detectaron diferencias significativas en la producción total de vainas; se concluyó que la inoculación tanto para soja y maní y la fertilización de N, P y Mo son necesarias para incrementar los rendimientos de las leguminosas.

3.2.2 Molibdeno (Mo)

Participa en la fijación biológica del nitrógeno que está presente en arqueobacterias, hongos, bacterias, plantas y animales, ya sea de forma de nitrógeno atmosférico o de ion nitrato en lo interviene en diversos sistemas enzimáticos como en los metabolismos de los carbohidratos (Pérez, et al., 2012). El molibdeno es utilizado por los sistemas biológicos principalmente por las propiedades óxido-reductoras, en la cual se transfiere en cada reacción de cada electrón, además le permite la migración de átomos de azufre, oxígeno e hidrógeno. Por ende, el molibdeno forma parte de dos cofactores enzimáticos que se encuentran extensamente en la naturaleza: FeMoco (cofactor o proteína de hierro y molibdeno), MoCo (cofactor o proteína de molibdeno), pero en el FeMoco constituye el sitio activo de la enzima nitrogenasa. El Mo puede ser reemplazado por vanadio (V) o hierro (Fe) (Behrens et al., 2012).

El molibdeno se encuentra en bajas concentraciones tanto en el suelo como en las plantas con una concentración de 0,05 a 1ppm. Con relación a otros nutrientes el molibdeno con el contenido de fosfato en lo cual favorece a los suelos ya que remplaza al Molibdato en el completo intercambio al igual que lo hace con el Oxalato (INTAGRI, 2018b). Gambaudo et al. (2011), evaluaron fertilización de cobalto y molibdeno en el cultivo de soja, la investigación fue realizada en Argentina en el campo experimental de la Estación Agropecuaria Rafaela, se utilizó fertilizante Power Seed Plus el cual contenía Cobalto (Co) en una concentración de 20g l^{-1} y Molibdeno en una concentración de 200g l^{-1}; los resultados mostraron que las semillas recubiertas con estos micronutrientes incrementaron significativamente el rendimiento en casi el 50% de los ensayos.

3.2.3 Hierro (Fe)

Las plantas necesitan un aporte continuo de hierro para conservar sus constantes fisiológicas, estando regulado entre otros factores, por la capacidad de absorción y traslocación de las raíces (López, 1991). El hierro como la mayoría de micronutrientes, es un elemento de transición y como tal, y como tal, forma parte de un buen número de metaloproteínas y metaloenzimas que

desempeñan importantes funciones metabólicas y también actúan como cofactor en distintas reacciones enzimáticas, además este nutriente junto con el Mn y Mo se caracteriza por sufrir procesos reversibles de oxidación-reducción y quelatado forma parte de sistemas redox en plantas (López et al., 1994).

El hierro se encuentra en dos formas en el suelo Fe^{3+} y de Fe^{2+}; este elemento está asociado con el desarrollo de los cloroplastos, la síntesis de ferredoxina y la de clorofila. Siendo la ferredoxina que actúa en la fotosíntesis y la reducción de nitrógeno; el hierro se localiza en un 80% en los cloroplastos de las hojas (Rodríguez et al., 2004).

Slatni et al. (2008), estudiaron el efecto de la deficiencia de hierro en la fijación de nitrógeno y la asimilación de amonio en los nódulos de frijol, esto fue realizado a nivel de invernadero; los resultados mostraron que el crecimiento de la planta huésped y los nódulos, disminuyeron cuando se encontraban en deficiencia de Fe. Además, la deficiencia de hierro indujo una acumulación significativa de amonio en nódulos de las raíces de frijol, lo que sugiere que la deficiencia de este micronutriente disminuyó la reducción del N y no pudo ser usado por la planta para elaborar sus diferentes compuestos orgánicos, dando lugar a la reducción de la fijación de nitrógeno y de la actividad de la glutamina sintetasa.

3.2.4 Azufre (S)

En la naturaleza el azufre (S) se encuentra presente en formas orgánicas como inorgánicas, gracias al ciclo bioquímico del azufre que lo convierte interconvertibles, por lo cual es unos de los seis macronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo con un 0.3 y un 0,5% de materia seca en la planta (Muñoz, 2014). El Azufre es una parte de cada célula viviente de lo cual forma parte de 2 de 21 aminoácidos, de lo cual se presenta en forma iónica $SO4^{-2}$ absorbible del suelo, siendo un nutriente secundario que contribuye a la estructura de compuesto orgánicos que son sintetizados por la planta, como la cistina, cisteína y de la metionina que son aminoácidos requeridos para sintetizar proteínas (Rodriguez et al., 2006).

3.2.5 Fósforo (P)

Es un macronutriente esencial, de lo cual la planta no puede culminar su ciclo biológico con la ausencia de este nutriente, por lo que no puede ser sustituido por otro elemento y debe participar directamente en el metabolismo de la planta (Quintana et al., 2017). Raghothama (2000), menciona

que el P es un elemento móvil en la planta y su translocación ocurre mediante floema, el P es incorporado a los compuestos orgánicos en estado de oxidación.

La absorción de este elemento se lo da, a través de las capas externa de células radiculares, la absorción también se da por parte de las micorrizas que están asociada a la raíz de muchas leguminosas, por lo que la concentración de P en la planta varia de 0.1 a 0.5% por ende este elemento se encuentra disponible como ion de fosfato, lo cual se absorbe perfectamente como H_2PO_4 en el suelo con un pH inferior al 7 como un anión divalente (Fernandez, 2007).

3.2.6 Potasio (K)

Es uno de los macronutrientes más importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas, ya que este participa en diferentes procesos tantos fisiológicos como bioquímicos de los vegetales, ya que desempeñan funciones en el proceso de activación enzimáticas y fotosintéticas (INTAGRI, 2017). El K^+ cumple el papel más importante en el proceso de fotosíntesis, por lo que participa en la activación de enzimas y en producción de (ATP), por lo que, si la planta presenta una deficiencia en la reducción del ATP, como el proceso dependiente de este, por lo cual el potasio desempeña un papel esencial en la apertura y cierre estomático, para la regulación de la transpiración y absorción del CO_2 (INTAGRI, 2017).

3.2.7 Calcio (Ca)

El calcio (Ca^{2+})se ve relacionada directamente con el crecimiento de la raíz y la calidad del fruto , por lo cual es un nutriente que está involucrado en un mayor número de proceso en la plantas, en los procesos fisiológicos el (Ca^{2+}) en la célula forma compuestos de tipo quelato, que al formarse se adhieren a la lámina media que provee de elasticidad, lo cual genera fisiológicamente la multiplicación y elongación celular, la deficiencia de este nutriente se ve reflejado en la detención de crecimiento radicular por ende en leguminosa se demostró que el Ca^{2+} ayuda al crecimiento radicular y en la participación en el desarrollo de nódulos (INTAGRI, 2018a).

3.2.8 Magnesio (Mg)

Es un mineral móvil en la planta, lo cual es un componente de la clorofila en la pigmentación de las hojas verde de la cual se captura la energía del sol durante el proceso fotosintéticos, siendo un elemento poco considerado en los planes de fertilización, pero se han identificados que actúa en

numerosos procesos fisiológicos en lo que participa en la fosforilación(ATP) y la fijación fotosintéticas de dióxido de carbono (CO_2)en la cual solo la rubisco (RuBP) se activa en la presencia de Mg ya que es importante para el proceso de la fotosíntesis, de los cuales el 35% del Mg que están ligado a los tilacoides, ubicado en los cloroplasto (Halvin et al., 2014).

Fageria (2013), reportó que existe una relación mínima en la presencia de magnesio en el suelo y el peso de la raíz en el cultivo de frejol establecidos en suelo ácidos (oxisoles).

3.3 Características del maní variedad Tarapoto INIAP-380

Peralta (1996), señala que la variedad Tarapoto es de crecimiento erecto, tolerante a Cercosporiosis, con una altura de 40-60 cm, hojas de color verde oscura, las plantas tienen aproximadamente entre 15 a 25 vainas, poseen 3- 4 semillas, 100 semillas pesan entre 55 a 70g son de color morado, la cosecha se efectúa entre 100 a 105 días después de la siembra, contiene un 48% de aceite y un 32% de proteína.

Ullaury et al., (2004), mencionan que la variedad Tarapoto pertenece al grupo botánico "VALENCIA", con un crecimiento semierecto, floraciones secuenciales, hojas de color verde oscuro, el grano color morado, aproximadamente la planta tiene una altura de 53cm, floración entre 30-35dias, 120 a 125 días de la maduración, peso de 100 semillas 57g, de 20 a 25 vainas por plantas, 3 a 4 semillas por vainas, 48% contiene aceite, 32% proteína, alcanza un rendimiento de 2956 kg/ha en cascara; tolerante al gusano cogollero (*Stegastabosquella*), a Cercosporosis (*C. arachidicola y Personata*) y la roya (*Pucciniaarachidis*).

3.4 Factores del suelo que afectan la disponibilidad de N, Fe, Mo

3.4.1 Factores que afectan la disponibilidad de N

Entre los diferentes factores que afectan la disponibilidad de los nutrientes, en especial del nitrógeno, se encuentra como el principal factor el pH de la solución del suelo, el pH del suelo está determinado por la medida de la concentración de los iones hidrógeno reflejado como el logaritmo negativo (-log). Cuando las arcillas coloidales son capturadas por iones básicos como el Ca^{2+}, Mg^{2+} y K^{+}, incrementan la alcalinidad del suelo. Suelos formados en condiciones de bajas precipitaciones, tienden a ser más básicos con lecturas alrededor o mayores a 7.0 (Ronen, 2008).

El pH tiene muchos efectos, principalmente en la solubilidad de los microelementos y su forma iónica. A diferentes niveles de pH, algunos nutrientes pueden ser deficientes mientras que otros

alcanzan altas concentraciones que causan toxicidad. A pH básico, la mayoría de los microelementos sufren problemas de disponibilidad. La mayoría de las plantas crecen dentro de un rango de pH de 6 a 6.4, que asegura la alta disponibilidad de la mayoría de nutrientes demandados (Ronen, 2008).

3.4.2 Factores que afectan la disponibilidad de Fe

El Fe se ve afectado por las condiciones fisicoquímicas en su disponibilidad, por ser un catión es más soluble y está disponible en condiciones acidas, a bajo pH la solubilidad se encuentra en un máximo cuando el pH se eleva se disminuye la solubilidad y disponibilidad lo ideal es un pH de 7 o levemente por debajo (Bonadeo et al., 2017). La materia orgánica influye en la disponibilidad de este micronutriente, adicionar materia orgánica en suelos bien drenados mejora su disponibilidad (Castellano, 2000).

3.4.3 Factores que afectan la disponibilidad de Mo

Este nutriente se ve afectado principalmente por el pH del suelo se encuentra muy disponible pudiendo llegar a ser toxico, siendo el factor más importante la cual afecta la disponibilidad de Mo para las plantas (Bonadeo et al., 2017).

Para aumentar la disponibilidad de Mo se realiza el encalado en suelos ácidos, la cual incrementa la producción de leguminosas en la misma proporción que la adicción de molibdeno (Bonadeo et al.,2017).

3.4.4 Condiciones que predisponen una deficiencia de micronutrientes

Entre las limitaciones de los micronutrientes para el crecimiento de los cultivos encontramos las siguientes situaciones: suelos arenosos ácidos altamente lavados, suelos orgánicos, suelos con pH muy altos y suelos intensamente cultivados y muy fertilizados con macronutriente (Bonadeo et al., 2017).

4 METODOLOGÍA

4.1 Diseño de la Investigación

4.1.1 Ubicación

La presente investigación se realizó desde el mes de julio del 2019 hasta enero del 2020 en la finca "María Isabel", ubicada en el sitio San Jacinto de la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí; localizada geográficamente a 01° 09'51" de latitud Sur y 80°23´ 24 W de longitud Oeste con una altitud de 60 msnm (INHAMI 2017).

4.1.2 Características climatológicas

Precipitación anual	:	682,50 mm
Heliofanía anual	:	1,354 horas luz
Temperatura promedio	:	25,39°C
Evaporación anual	:	1625,40 mm

4.1.3 Características pedológicas

Topografía	:	Plana
Textura del suelo	:	Franco-Limoso
Drenaje	:	Natural

4.1.4 Análisis físico químico de suelo

Previo a la instalación del experimento se realizó un análisis de suelo, con la finalidad de diagnosticar con qué nivel de fertilidad contaba, a continuación, se detallan los resultados del análisis (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de las características químicas del suelo en estudio

pH	Materia orgánica (%)	P	Fe	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
		(mg kg^{-1})		(meq 100 g^{-1})		
7,9	1	32	45	1,36	21	5,5
Lig. alclino	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto

Fuente: Laboratorio de análisis químico y físico en muestras de suelos, plantas y aguas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2019.

4.1.5 Material genético

Se utilizó la variedad maní Tarapoto, distribuido por INIAP-380 (Portoviejo) ya que esta variedad tiene un alto rendimiento y tolerante a *Cercosporiosis*, crecimiento semi-erecto y ciclo vegetativo de siembra a cosecha de 100 – 120 días (INIAP, 2017).

4.1.6 Diseño experimental

Se usó un Diseño de bloque completamente al azar (DBCA), con ocho tratamientos y tres repeticiones.

4.1.7 Delineamiento experimental

Número de tratamientos	:	8
Número de repeticiones	:	3
Número de unidades experimentales	:	24
Distanciamiento entre unidades experimentales	:	1 m
Longitud de la unidad experimental	:	5 m
Ancho de la unidad experimental	:	3 m
Área total de la unidad experimental	:	15 m^2
Área útil de la unidad experimental	:	8 m^2 (4m x 2m)
Área total del ensayo	:	768 m^2 (32m x 24m)
Distancia entre hileras	:	0.45 m
Distancia entre plantas	:	0.20 m
Número de plantas/sitio	:	2
Densidad poblacional	:	222,000 pl ha^{-1}

4.1.8 Tratamientos.

Los tratamientos están conformados por diferentes aplicaciones de N, Fe y Mo, lo cual se detalla a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Nutrientes a aplicar por tratamientos

Tratamientos	Nitrógeno (kg ha^{-1}) *	Molibdeno (kg ha^{-1}) **	Hierro (kg ha^{-1}) ***
T_1	Sin aplicación	Sin aplicación	Sin aplicación
T_2	160	Sin aplicación	Sin aplicación
T_3	Sin aplicación	2,8	Sin aplicación
T_4	Sin aplicación	Sin aplicación	2
T_5	160	2,8	Sin aplicación
T_6	160	Sin aplicación	2
T_7	Sin aplicación	2,8	2
T_8	160	2,8	2

*INTA (2012); **Vargas y Ramírez (1989); *** Singh y Dayal (1992).

4.1.9 Manejo del ensayo

a) Preparación del terreno

Antes de la siembra, el terreno se lo preparó con un paso de arado dos de rastra y un pase del rotavator (Anexo 1), después se procedió a delimitar el ensayo, con los respectivos tratamientos y repeticiones de acuerdo al croquis del campo.

b) Riego

Fue realizado mediante aspersión, colocando un aspersor en cada unidad experimental, la cual contaba con un área de $15m^2$, el riego se efectuó con una frecuencia aproximada de 3 días, dependiendo la cantidad de agua que se perdía mediante evapotranspiración (Anexo 2).

c) Siembra

La siembra se realizó manualmente con espeque, a un distanciamiento de 0,20m entre planta y 0,40 entre hilera, colocando dos semillas por sitio (Anexo 3). Previo a la siembra las semillas fueron curadas con Semevin.

d) Manejo de malezas

A los tres días después de la siembra se aplicó terbutryn (para las gramíneas y hojas anchas) y pendimetalin (hoja ancha), posteriormente a los 35 y 85 días después de la siembra, se realizaron desmalezamiento en forma manual.

e) Manejo de plagas

La mosca blanca (*Bemisia* sp.) fue la plaga que ataco al cultivo, para el control de este insecto se aplicó Actara en dosis de 15 gramos por 20 litros de agua.

f) Fertilización

La fertilización se realizó de la siguiente forma: las aplicaciones de nitrógeno fueron realizadas en dosis de 160 kg ha^{-1} usando como fuente urea (46%N), fue fraccionado en tres partes iguales del 33% y se aplicó a los 8, 22 y 45 después de la emergencia de la planta. El hierro se usó en dosis de 2 kg ha^{-1}, empleando como fuente quelato de Hierro (7,1% Fe). El molibdeno se usó en dosis de 2,8 kg ha^{-1}, utilizando como fuente A-micsur Mo (3,18% Mo). Tanto el Fe como el Mo fueron aplicados en forma líquida a nivel foliar en dos ocasiones, a los 11 y 26 días después de la siembra (Anexo 4).

g) Cosecha

La cosecha se la efectuó a los 120 días después de la siembra en forma manual, sustrayendo las plantas del suelo y dejándolas por 8 días expuestas al sol para el secado natural, después de este periodo se procedió a separar las vainas de las raíces y la respectiva toma de datos de las distintas variables (Anexo 5).

4.2 Definición de variables.

Para medir cada una de las variables, se consideraron un total de 20 plantas de maní de cada unidad experimental.

4.2.1 Materia seca de órganos del cultivo de maní

Esta variable fue evaluada al finalizar el ciclo del cultivo, se separaron los órganos de la planta (raíz, tallo, hojas, cáscara de las vainas, y granos), y posteriormente cada muestra vegetal fue llevada a estufa a una temperatura de 70° C hasta obtener el peso constante (Anexo 6).

4.2.2 Rendimiento (kg ha^{-1})

Se tomó el peso total de las vainas llenas de cada parcela esto se expresó en kg por hectárea, para lo cual se utilizó la fórmula propuesta por Sarmiento (2013):

$$Rendimiento = \frac{PV * A}{SP}$$

Donde:

PV: Peso de las vainas de cada parcela (kg)

A: Área de una hectárea (m^2)

SP: Superficie de una parcela (m^2)

4.2.3 Número de vainas

Después de la cosecha se cuantificó las vainas de maní seleccionadas de cada tratamiento

4.2.4 Número de nódulos formados y activos

Se evaluó antes de la floración en el estado R1 (20 a 30 días después de la emergencia), se seleccionaron 20 plantas de cada unidad experimental, las cuales fueron sustraídas del suelo, posteriormente se cortaron los primeros 10 cm de la raíz principal y se eliminó el resto de raíces secundarias, por último, se cuantificó el número de nódulos formados en cada tratamiento, y se observó si estaban activos siguiendo lo sugerido por Pommeresche y Hansen (2017), que consiste en cortar los nódulos por la mitad y si están de color Rojo/morado/ rosado, es un indicativo que las bacterias están activas (Anexo 7).

4.2.5 Concentración de nitrógeno en hojas en etapa de floración

Cada muestra de esta variable se realizó en época de floración y se seleccionaron las hojas recientemente maduras 20 plantas, la cuales se llevaron a estufa a una temperatura de 70°C y posteriormente se determinó la concentración de nitrógeno por el método Kjeldhal, para lo cual la muestra se descompone en caliente utilizando un medio sulfúrico, en presencia de un agente reductor a base de mercurio, posteriormente se agregó una sal neutra para aumentar el punto de ebullición de la disolución; de esta forma el tratamiento transforma el nitrógeno de la muestra en amonio, luego se adicionó una base fuerte la cual libera amoniaco, que es llevado hasta un frasco colector por destilación en corriente de vapor, este frasco contiene un volumen medido de una disolución estándar de ácido, de forma que una fracción de ácido es neutralizada por el amoniaco. Por último, se procede a valorar el ácido no consumido con una disolución base patrón y de esta forma se conoce la cantidad de nitrógeno en la muestra (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

4.2.6 Absorción de macronutrientes en maní.

Para la determinación de esta variable hubo que realizar la determinación de la concentración de nutrientes en raíz, tallo, hojas y frutos del maní, para lo cual las muestras de cada uno de los órganos fueron enviadas al laboratorio de Suelos plantas y aguas del INIAP. La determinación de la concentración de N fue realizada por el método de Kjeldahl; la de P por colorimetría, y la de K, Ca y Mg por absorción atómica. Finalmente, la absorción total de N, P, K, Ca y Mg se obtuvo mediante el producto de la materia seca generada en cada órgano de maní por la concentración de nutrientes (%).

4.3 Análisis de datos

Para determinar si había diferencias significativas en cada una de las variables se realizó un análisis de varianza, y en las que se encontró significancia fueron sometidas a una prueba de comparación de medias por Duncan ($P < 0.05$), en ambos casos se utilizando el Software estadístico InfoStat 2018.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Comportamiento agronómico del cultivo de maní variedad Tarapoto

5.1.1 Generación de materia seca en diferentes órganos de maní

En la tabla 3, se observa el análisis de varianza de la materia seca de raíz, tallo y hoja, en todos los casos se obtuvieron diferencias significativas, la comparación de las medias se la efectuó con la prueba de Duncan con un nivel de significancia de P≥ 0.05, el coeficiente de variación (CV%) en todas las variables fue inferior al 15%, valores que se encuentran dentro del rango óptimo para investigaciones en campo (Anexos 8-11).

Tabla 3. Generación de materia seca en diferentes órganos del maní

Tratamientos	Peso seco de raíz	Peso seco de tallo	Peso seco de hojas
		Kg ha^{-1}	
T1	133,00 ± 4,72 b	619, 00 ± 23,96 d	819,67 ± 34,64 c
T2	132,33 ± 6,76 b	881,00 ± 45,32 a	1145,00 ± 37,74 a
T3	213,67 ± 7,44 a	873,67 ± 45,58 a	1012, 33 ±118,83 ab
T4	166,67 ± 19,93 b	651,33 ± 16,17 d	882,67 ± 21,40 bc
T5	161,33 ± 16,89 b	701,00 ± 22,23 cd	856,00 ± 47,28 bc
T6	156,33 ± 8,00 b	748,33 ± 48,34 bc	907,67 ± 18,58 bc
T7	142,00 ± 6,80 b	808,67 ± 30,90 ab	1156,33 ± 11,69 a
T8	141,67 ± 10,13 b	688,67 ± 13,96 cd	972,33 ± 42,45 bc
CV (%)	13,09	6,76	9,43

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (P≥ 0,05); C.V. Coeficiente de Variación.

En lo que se refiere al peso seco de raíz el mejor comportamiento se presentó en el tratamiento T3 (Tabla 3), el resto de tratamientos obtuvieron los menores valores y no tuvieron diferencias significativas entre ellos. El tratamiento que obtuvo el mayor peso de raíz tuvo aplicación de molibdeno, resultados que son similares a los reportados por Togay et al. (2015), quienes también encontraron que con la aplicación de este nutriente hay un aumento significativo en el crecimiento de las raíces.

El tratamiento que obtuvo el mayor peso seco de tallo fue el T2 (Tabla 3), el cual se le adicionó 160 kg de N ha^{-1}, lo que dio lugar a una mayor generación de la biomasa de este órgano, este resultado corrobora a lo sugerido por Marschner (1995), quien indica que el nitrógeno es un nutriente que incentiva el crecimiento vegetal. Por otra parte, los menores valores fueron reportados en el tratamiento 1 el cual no llevo aplicación de ningún fertilizante, repercutiendo en el crecimiento.

La tabla 3 también mostró, que el peso seco de hoja obtuvo su mayor valor en el tratamiento T7, con una aplicación combinada de Molibdeno con Hierro, elementos que ayudan a la reducción del N en la parte interna de la planta, además el hierro indirectamente permite el aumento del follaje puesto que funciona como catalizador de la clorofila (Mengel y Kirkby, 2001). Los menores pesos de materia seca de hoja tuvieron lugar en el tratamiento testigo (T1).

En todos los pesos de materia seca de los diferentes órganos de la planta de maní, el tratamiento que tuvo la menor generación de biomasa, fue el testigo (T1), mientras que el resto de tratamientos se compartieron los mejores pesos, lo que sugiere que el cultivo de maní, necesita de una intervención en la aplicación de N mediante una fertilización mineral puesto que la fijación simbiótica de nitrógeno no satisface la necesidad de la planta, en este sentido se puede atribuir que este nutriente estimula el mayor crecimiento de las plantas, por ende mayor área foliar, lo que permite el incremento de captación de la radiación solar y fotosíntesis, lo que da como resultado una mayor acumulación de materia seca (Abayomi et al. 2008). Además, si el suelo no tiene los niveles óptimos de hierro y molibdeno, también es necesario aplicar estos nutrientes, puesto que ayudan a mejorar la utilización del N (Prado, 2008).

5.1.2 Producción del maní

En la variable vainas/plantas se encontró diferencias altamente significativas (Anexo 12), el tratamiento T8 presentó el mayor número de vaina por planta (Tabla 3), este tratamiento se le adicionó nutrientes como el N, Fe y Mo, en este sentido Hirpara et al. (2017) indican que las aplicaciones de molibdeno incrementan el número de vainas en maní. Sin embargo, este tratamiento no obtuvo el mayor rendimiento, lo que sugiere que el peso de los granos que se encontraron en la vaina no fue tan alto. Por otra parte, el menor valor de vainas por planta lo obtuvo el T1 (Tabla 3), el cual no llevo aplicación de nutrientes como N, Fe y Mo, se atribuye que la baja

productividad de este tratamiento se debió a que la planta no fijo el suficiente nitrógeno, nutriente que según Mengel y Kirkby (2001), es de importancia para incrementar la producción en cultivos.

Tabla 4. Evaluación de la producción de maní

Tratamientos	Vainas por planta	Rendimiento kg ha^{-1} (en cáscara)
T1	8,92 ± 1,38 c	1780,00 ± 144,68 e
T2	13,68 ± 2,00 ab	2913,33 ± 127,19 abc
T3	12,07 ± 0,40 abc	3380,00 ± 230,00 a
T4	10,90 ± 1,70 bc	2226,67 ± 93,33 de
T5	12,03 ± 0,49 abc	3050,00 ± 115,03 ab
T6	10,32 ± 1,39 bc	2370,00 ± 40,41 cde
T7	12,18 ± 0,93 abc	3146,67 ± 329,51 ab
T8	14,80 ± 0,62 a	2533,33 ± 260,34 bcd
CV (%)	15,52	12,76

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (P≥ 0,05); C.V. Coeficiente de Variación.

En rendimiento mostró una diferencia significativa (Anexo 13) demostrando que el tratamiento que solo llevo aplicación de Mo (T3) fue superior a los demás tratamientos (Tabla 3), resultados similares fueron encontrados por Hirpara et al. (2017), quienes aplicando dosis de 1 kg de Mo ha^{-1} lograron incrementar significativamente del rendimiento, en el mismo sentido Crusciol et al. (2019), sugiere que cuando se realizan aplicaciones de molibdeno se incrementa el rendimiento de vainas y granos de maní. Por otra parte, Togay et al. (2015), realizaron una investigación con aplicaciones de hierro y molibdeno en lenteja, donde reportaron en el primer año de estudio un aumento el rendimiento en el tratamiento que solo aplicaron Mo, mientras que en el segundo año lograron incrementar en un 5% más en relación a los resultados obtenidos del primer año; por lo que se puede confirmar que la aplicación de Molibdeno mejora notablemente el rendimiento.

El mayor rendimiento encontrado en esta investigación (T3) fue superior a los reportados por Ulluary et al. (2004), quienes indican que con una fertilización de 69-34,5-60 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente en suelos con baja fertilidad, logran tener rendimientos de 2.956 kg de maní en cáscara por cada hectárea. En este sentido se puede corroborar la importancia que tienen los micronutrientes en las plantas, y en especial el molibdeno puesto que cumple un papel esencial

en el aumento de la productividad al potenciar el proceso de la fijación biológica del nitrógeno (Oliveira et al., 2020).

5.2 Nodulación y concentración de N foliar en el cultivo de maní variedad Tarapoto

5.2.1 Número de nódulos totales por planta

En esta variable se encontró diferencias altamente significativas (Anexo 14), se puede evidenciar en el Gráfico 1, que el T3 fue el que obtuvo el mayor valor con 53,33 nódulos por planta, lo que se asocia a la aplicación de Mo, nutriente que también permitió mayor generación de biomasa radicular, lo que da como resultado que las bacterias tengan mayor oportunidad de realizar simbiosis con las raíces. Resultados similares fueron encontrados por Mandou et al. (2017) quienes encontraron que con aplicaciones de molibdeno aumento el número de nódulos y la fijación biológica de N y por ende mejoró el rendimiento en el cultivo de maní. Khan et al., (2014), estudió el efecto del hierro y molibdeno en la nodulación de dos genotipos de leguminosas, donde encontraron que estos nutrientes permitieron un aumento de nodulación radicular.

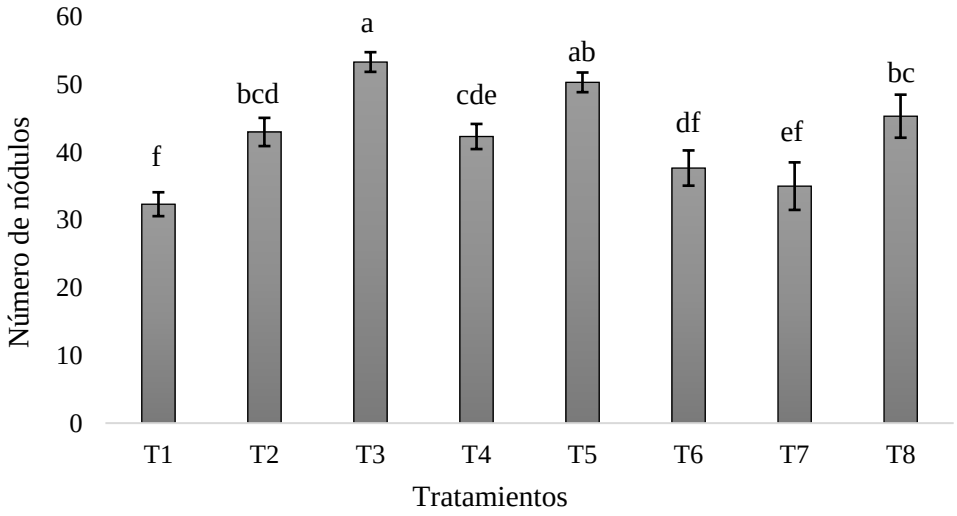

Gráfico 1. Nódulos generados por planta de maní (Tarapoto)

Por otra parte, el tratamiento que presentó el menor número de nódulos por plantas (32), fue el tratamiento control o testigo, el mismo que no recibió aplicaciones de N, Fe y Mo, elementos que conllevaron que la planta tenga un menor crecimiento radicular, y por ende menor número de nódulos.

5.2.2 Actividad nodular

El Anexo 15 mostró que hubo diferencias significativas en el porcentaje de nódulos activos, siendo los tratamientos T3 y T7 los que presentaron los mayores valores, con una media de 33 y 32% respectivamente (Gráfico 2). Según Jamal y Zahir (2017), estos resultados se asocian a las aplicaciones de molibdeno y hierro que recibieron estos tratamientos, puesto que estos nutrientes aumentan significativamente el número de nódulos totales y activos en leguminosas. Con base a lo mencionado, estos nutrientes se consideran esenciales para la fijación bilógica del nitrógeno atmosférico, lo que ha conllevado que la simbiosis de nódulos radiculares permita que las bacterias fijadoras de nitrógeno conviertan el nitrógeno atmosférico en una forma directamente disponible para el crecimiento de las plantas (Brewin, 2010).

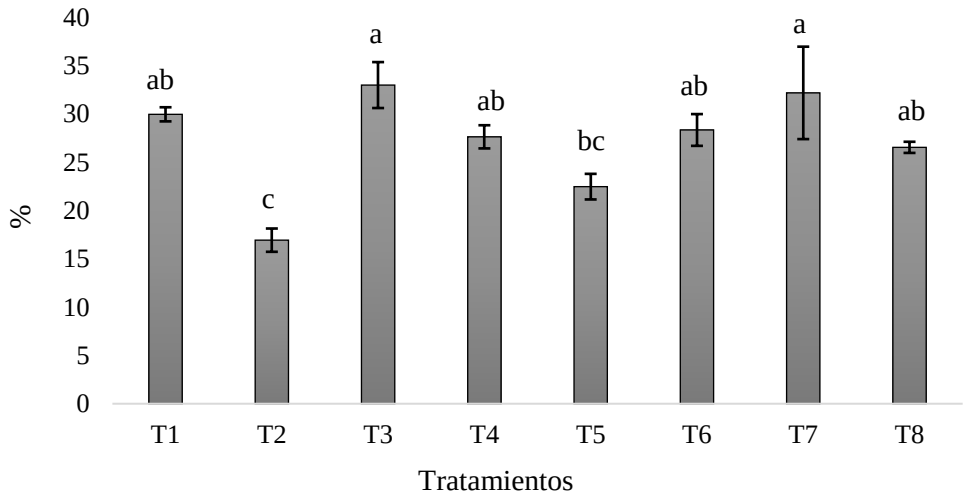

Gráfico 2. Porcentaje de nódulos activos en plantas de maní Tarapoto

El tratamiento 2 fue el que presentó el menor valor, con 16,94% de nódulos activos, resultado que se obtuvo puesto que este tratamiento se le adicionó nitrógeno, estos resultados corroboran lo sugerido por López et al. (2014), quienes indican que las leguminosas al recibir una fertilización química de nitrógeno dejan de fijar nitrógeno atmosférico. Se atribuye que esto sucede puesto que la planta absorbe del nitrógeno aplicado mediante la fertilización mineral porque el gasto energético es menor, dado esto, la bacteria muere debido a que la planta deja de alimentarla.

5.2.3 Concentración de Nitrógeno a nivel foliar

La concentración de nitrógeno a nivel foliar en la época de floración obtuvo diferencias altamente significativas (Anexo 16), además en la prueba de comparación medias mostró que el tratamiento T6 fue el que obtuvo la mayor concentración de N con 6,9% (Gráfico 3), a este tratamiento se le adicionó hierro y nitrógeno, lo que significa que con la aplicación de estos nutrientes se incrementó la concentración de nitrógeno en hoja. Estos resultados difieren a los reportados por Khan et al. (2014), puesto que ellos encontraron que la combinación de hierro más molibdeno generó que la planta obtenga una mayor concentración de N a nivel foliar. Los resultados de la investigación sugieren que el hierro tiene un efecto positivo en la utilización del N, esto debido a que este micronutriente permite que el nitrógeno absorbido en forma de nitrato sea reducido a amoniaco y pueda ser utilizado por la planta (Mengel y Kirkby, 2001).

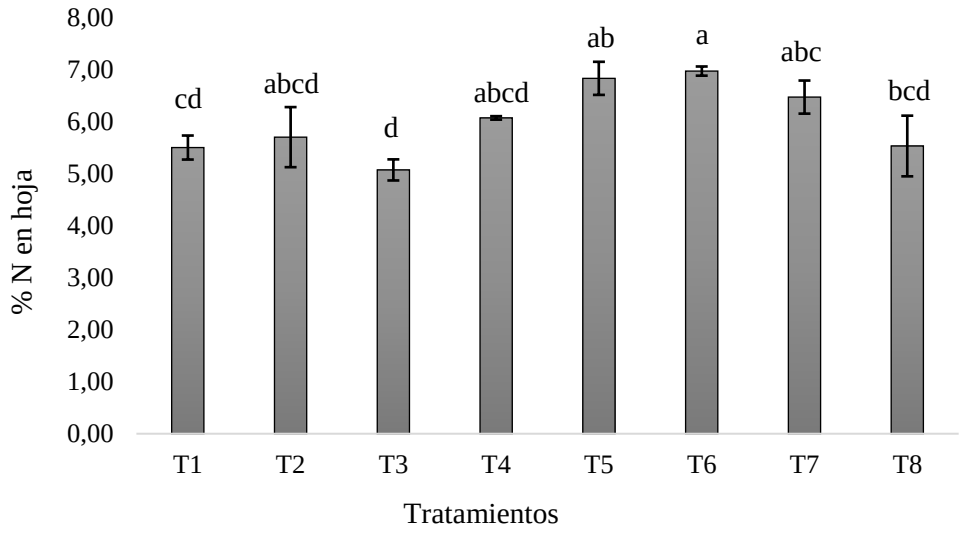

Gráfico 3. Concentración de N foliar en floración en el cultivo de maní (Tarapoto)

Por otra parte, el tratamiento que presentó la menor concentración de N foliar en época de floración fuel el T3, el cual solo llevo ampliación de Mo. Se atribuye que la no aplicación de N, condujo a que la planta no absorba este nutriente en grandes cantidades y no quede almacenado en las hojas, sino que el poco N absorbido fue consumido y transformado a otros compuestos nitrogenados (Prado, 2008).

5.3 Absorción de macronutrientes en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

5.3.1 Absorción de nitrógeno en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

La absorción total de nitrógeno en el cultivo de maní presentó diferencias altamente significativas (Anexo 17), donde el tratamiento 3 y 7 lograron los valores más altos con 264,3 kg ha^{-1} y 244,55 kg ha^{-1} respectivamente (Gráfico 4), estas absorciones fueron superiores en más del 25% en relación a los encontrados por Liu et al. (2020). Para lograr las máximas absorciones de N en el cultivo de maní, es necesario realizar aplicaciones de Molibdeno, puesto que según Mengel y Kirkby (2001), este nutriente permite una mejor utilización del nitrógeno, lo que se traduce en una mejor producción de la planta.

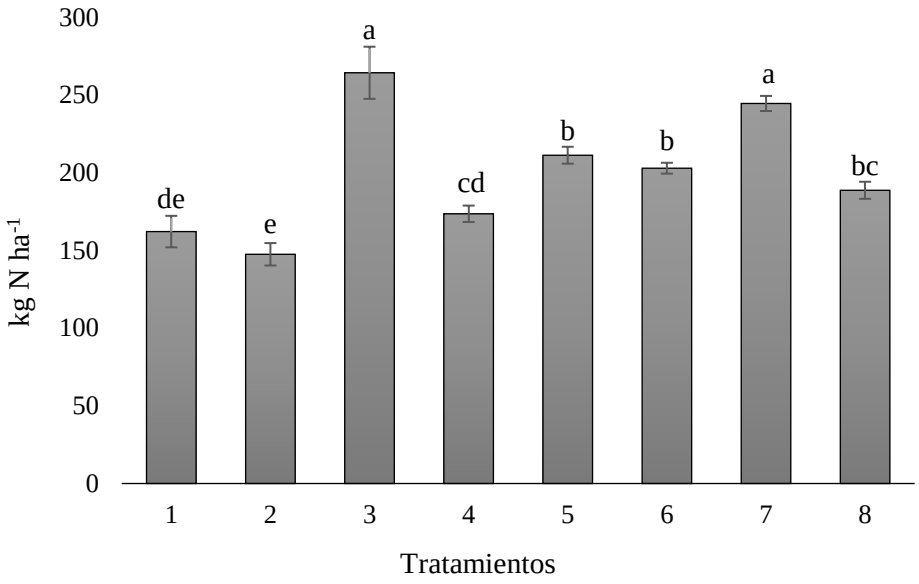

Gráfico 4. Absorción total de N en el cultivo de maní variedad Tarapoto

Lo menores valores se encontraron en el tratamiento 2 y 1, con 147,5 kg ha^{-1} y 162,1 kg ha^{-1} respectivamente, sin embargo, estos resultados fueron mayores en más del 20% con relación a los conseguidos por Yadav et al. (2020). La menor absorción de N en estos tratamientos (T2 y T1), fuel el resultado de no haber aplicado Hierro y Molibdeno, al no asimilar en una cantidad optima estos nutrientes la planta disminuyo su crecimiento y por ende la absorción total de los nutrientes. El suelo experimental cuenta con un pH de 7,9 y alta cantidad de Calcio, estos dos nutrientes cusan que el hierro difícilmente sea asimilado por las plantas (Herrera, 2010).

5.3.2 Absorción de fósforo en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

En el Anexo 18 se observa diferencias altamente significativas para la absorción total de fósforo, siendo el tratamiento 2 el que logro una mayor absorción con un valor de l6,65 kg ha^{-1} (Gráfico 5), lo que difiere a lo señalado por Amruth et al. (2018), quienes obtuvieron una absorción de14,18 kg P ha^{-1}. Según lo reportado por Partha et al. (2011), sus resultados son superiores a los antes mencionados con valores de 30,7 kg ha^{-1}. Mengel y Kirkby (2001) mencionan que las aplicaciones de N favorecen a la mejor absorción de fósforo lo cual se ve reflejado en esta investigación ya que el tratamiento 2 obtuvo aplicaciones de N.

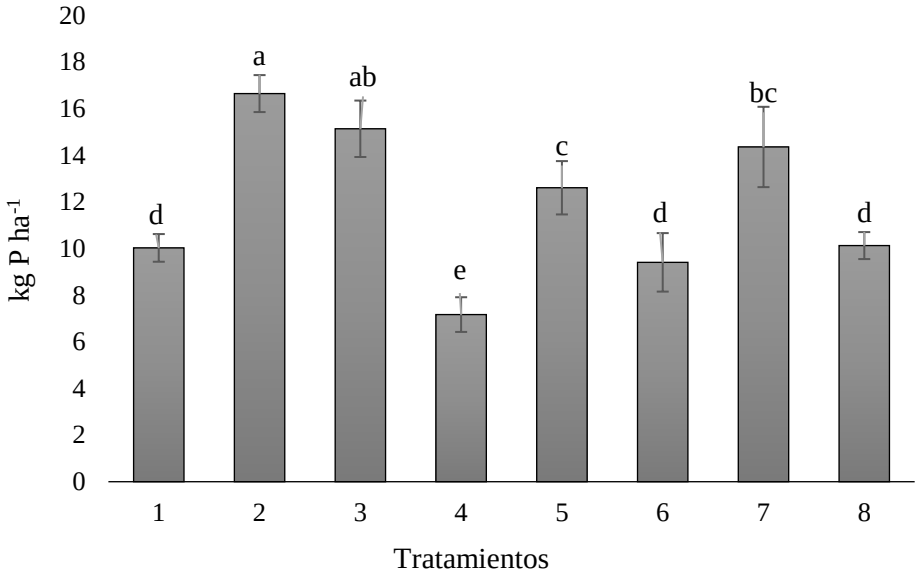

Gráfico 5. Absorción total de P en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

El tratamiento 4 presentó el menor valor de absorción con 7,17 kg P ha^{-1}, este resultado fue mayor en relación a los reportados por Amruth et al. (2018), quienes obtuvieron absorciones de 4,21 kg P ha^{-1}. Shi et al. (2019) indicaron que los niveles deficientes P inhiben gravemente el crecimiento de las hojas, y estas condiciones desfavorables se asociaron con una reducción significativa de la biomasa y la fotosíntesis, lo que se corrobora en esta investigación, puesto que los tratamientos que obtuvieron las menores absorciones fueron los que presentaron menor generación de biomasa seca de los órganos del cultivo de maní.

5.3.3 Absorción de potasio en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

La absorción total de potasio por las plantas de maní presentó diferencias altamente significativas (Anexo 19), logrando los valores más sobresalientes el tratamiento 2 con 63,02 kg K ha^{-1} (Gráfico 6) siendo esto resultado inferior a los encontrados por Pharta et al. (2011), quienes sostuvieron que el cultivo de maní puede llegar a absorber cantidades de 80,5 kg K ha^{-1}.

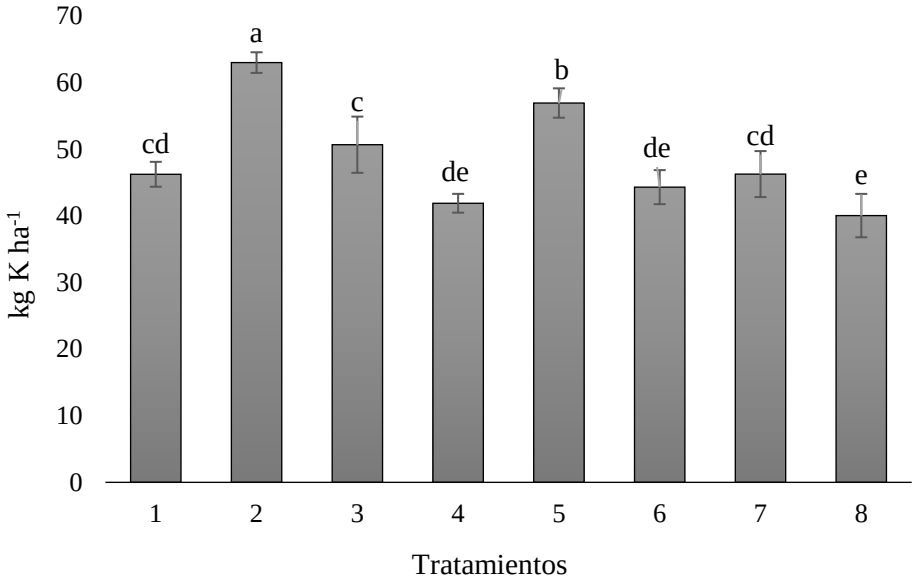

Gráfico 6. Absorción total de K en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Entre los valores menores se encontró a los tratamientos 8 y 4, con 40,05 kg K ha^{-1} y 41,9 kg K ha^{-1} respectivamente (Gráfico 6), siendo estos resultados mayores a los adquirido por Amruth, et al. (2018) en la evaluación de absorción de K en el cultivo de maní. Este elemento es el segundo macronutriente más absorbido por el cultivo, desempeñando diversas funciones metabólicas, siendo indispensable para el buen proceso fotosintético (Hawkesford et al., 2012). Por esta razón, se puede atribuir, que el potasio muestra un impacto benéfico sobre la fijación simbiótica de nitrógeno y la translocación de fotosintatos de las hojas a los nódulos de las raíces.

5.3.4 Absorción de calcio en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Esta variable presentó alta significancia (Anexo 20), donde los tratamientos 2 y 3 lograron los mayores con 52,39 kg Ca ha^{-1} y 52,24 kg Ca ha^{-1}, estos resultados son menores a los reportados por Amruth, et al. (2018). Las altas o bajas concentraciones de calcio en la planta influencian en

la absorción total de este nutriente, en este sentido Bhuvan (2010), manifiesta que si las plantas están expuestas a las condiciones mencionadas la fase vegetativa y reproductiva se ve afectada.

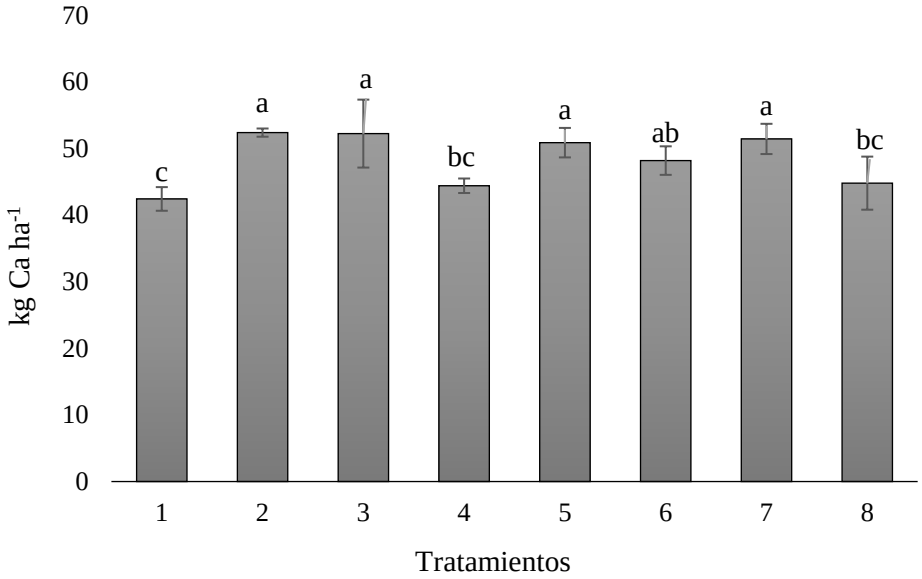

Gráfico 7. Absorción total de Ca en el cultivo de maní variedad Tarapoto

Entre los valores menores se encontró que los tratamientos 1 y 4 con 42,43 kg Ca ha^{-1} y 44,41 kg Ca ha^{-1} obtuvieron absorciones mayores en relación a los resultados reportados por Amruth, et al. (2018). La productividad del cultivo de Maní se vio afectada en estos dos tratamientos, por lo que se podría confirmar lo sugerido por Cheema et al. (1991), quienes manifiestan que el calcio es un nutriente que mejora el rendimiento en el maní y es necesario tanto para un buen crecimiento vegetativo como para un desarrollo normal de frutos sanos.

5.3.5 Absorción de magnesio en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

En el Anexo 21 se puede evidenciar diferencias altamente significativas en la absorción total de Magnesio, siendo el tratamiento 7 el que presentó el mayor valor con 24,4 kg ha^{-1} (Gráfico 8), esta absorción fue menor a la reportadas por Amruth et al. (2018) con un valor de 59,57 kg ha^{-1}. Se atribuye que este tratamiento obtuvo los mejores resultados debido que no hubo aplicación de nitrógeno, puesto que, en presencia de amonio, el ión magnesio reduce su absorción debido a que se genera una competencia entre cationes (Cakmak, 2015).

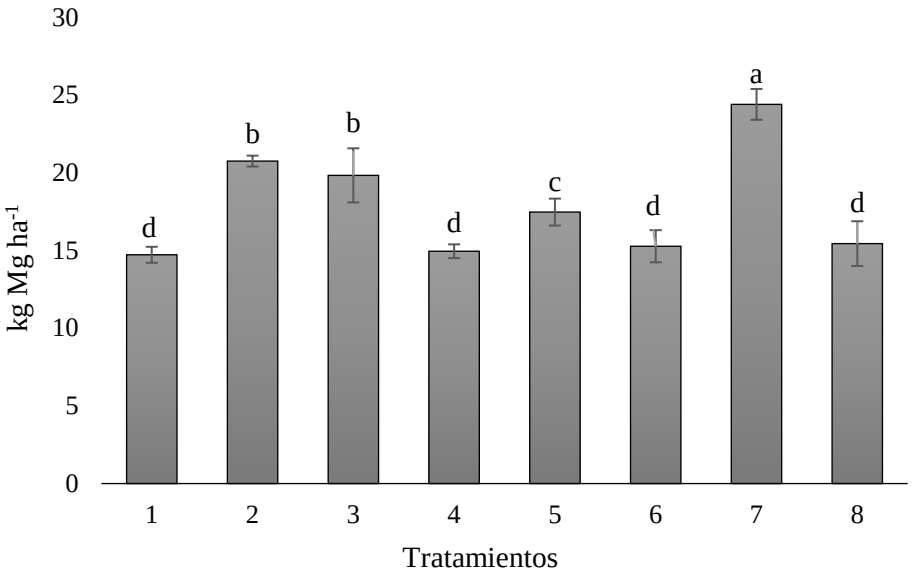

Gráfico 8. Absorción total de Mg en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Los menores resultados de absorción de magnesio se observaron en los tratamientos 1, 4, 6 y 8 con valores de 14,72 kg ha^{-1} ,14,95 kg ha^{-1}, 15,27 kg ha^{-1} y 15,44 kg ha^{-1} respectivamente (Gráfico 8), entre ellos no hubo diferencias significativas. Estos valores son menores a los encontrados por Amruth et al. (2018), con valor de 18,11 kg ha^{-1}.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se evidencio que hubo una respuesta del cultivo de maní ante las aplicaciones de hierro, molibdeno y nitrógeno, todos los tratamientos que se les adicionó estos nutrientes obtuvieron mayores valores en materia seca y rendimiento.

- La aplicación de hierro y el molibdeno aumentó significativamente los números de nódulos totales y activos en planta, además, se demostró que la aplicación de Fe aumentó la concentración de N en hoja debido a que este elemento es de gran importancia para la fijación biológica del nitrógeno.

- La absorción de N se vio influenciada por la aplicación de molibdeno, ocasionando una mayor asimilación de este nutriente; mientras que la absorción de P, K y Ca fue mayor cuando se adicionó nitrógeno en forma mineral, lo que sugiere el sinergismo que hay entre estos nutrientes.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se obtuvieron las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda evaluar las aplicaciones de los microelementos Fe y Mo en diferentes temporadas y zonas del país que permitan expresar su máximo potencial de rendimiento al cultivo de maní.

- Divulgar estos resultados con el fin de que se realicen futuras investigaciones en otras leguminosas de importancia agrícola.

- Bajo condiciones similares a las que se realizó esta investigación se recomienda usar dosis de 2,8 kg de molibdeno ha^{-1} puesto que se asegura un incremento significativo del cultivo del cultivo de maní.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abayomi, Y. A., Ajibade T. V., Sammuel O. F., & Saadudeen B. F. (2008). Growth and yield responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) genotypes to nitrogen fertilizer (NPK) application in the Southern Guinea Savanna zone of Nigeria. Asian J. Plant Sci. 7: 170-176

Amruth, Badka & Bhogi, Baswaraj & Gn, Thippeshappa & Chidanandappa, Harish. (2018). Effect of phosphorus levels through integrated nutrient management (INM) packages on nutrient uptake by groundnut (*Arachis hypogaea* L.).

Ayala, C. (2009). Estudio de la pre factibilidad para la producción y comercialización de maní (*Arachis hypogaea* L) en el Cantón Jipijapa, provincia de Manabí. (tesis pregrado). Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.

Behrens, B., Gómez, J., Garza, A., & Pérez, A. (2012). Importancia del molibdeno en los sistemas biológicos y su papel en enzimas mononucleares como parte del cofactor Moco. Vol. 23, No 1.

Bhuvan P. (2010). Effect of calcium on peanut (*Arachis hypogaea* L.) Pod and seed development under field conditions. UNIVERSITY OF FLORIDA.

Bonadeo E., Moreno I., Bongiovanni R., Marzari R., & Ganum, M. (2017). El sistema suelo planta. UniRío editora. Universidad Nacional de Río Cuarto. Recuperado en: https://www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/repositorio/978-987-688-204-0.pdf.

Boretto, D., & Pedelini, R. (2011). Respuesta del cultivo de maní a la fertilización con dosis crecientes de N, sin deficiencias de P, Ca y S. Revista de la 26o Jornada Nacional de Maní, 1–3

Brewin, N.J. (2010). Root Nodules (Legume – Rhizobium Symbiosis). In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). 5p. DOI: 10.1002 / 9780470015902.a0003720.pub2.

Cakmak, I. (2015). Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales Durante la Absorción y Transporte en las Plantas. Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos. Intagri.

Calvo, S. (2011) Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Universidad de Salamanca. (3), 173-186

Castellanos, R. J. (2000). Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Ed. Intagri. Celaya, Gto. México. 186 p.

Cheema, N. M., Ahmad, G., Khan, M. A. & Chaudhary, G. A. (1991). Effect of gypsum on the pod yield in groundnut. Pakistan Journal of Agricultural Research, 12 (3): 165−168. Barani Agricultural Research Institute.

Crusciol, C. A. C., Ferrari Neto, J., Mui, T. S., Franzluebbers, A. J., Costa, C. H. M. D., Castro, G. S. A., & Costa, N. R. (2019). Rhizobial inoculation and molybdenum fertilization in peanut crops grown in a no tillage system after 20 years of pasture. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 43.

Fageria, N. K. (2013). Magnesio. El papel de las raíces de las plantas en la producción de cultivos. Editorial CRC Press, 325-326.

FAO. (2002). Los Fertilizantes y su uso una guía de bolsillo para los oficiales de Extensión. Food & Agriculture Org. Disponible en: http://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf

Fernández, M., Pascual, N., & Rosario, M. (2002). Fijación biológica de nitrógeno: factores limitantes. Revista ciencia y medio ambiente- CCMA-CSIC.

Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA, 51-57.

Gambaudo, S.; Wilhen, G. y Fontanetto, H. Fertilización de cobalto y molibdeno en el cultivo de soja. INTA- estación experimental agropecuaria Rafaela. Revista miscelánea N°121 (2011).

Guamán, R., & Ullaury, R. José (2004). Maní. Guía del cultivo para las zonas de Loja y El Oro. Boletin Divulgativo No.314. INIAP. Guayaquil,2004.

Gobierno Provincial de Manabí. (GPM). Productores de maní de calderón dan valor agregado al grano (2017). Recuperado en: http://www.manabi.gob.ec/10807-productores-mani-calderon-dan-valor-agregado-al-grano.html

Halvin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). Azufre, calcio y magnesio. Fertilidad del suelo y fertilizantes. Ed. Pearson, 256.

Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, IS., & White P. (2012). Funciones de los macronutrientes: potasio. En: Marschner, Petra. (Eds.), Nutrición mineral de plantas superiores de Marschner. Elsevier, Adelaide, págs. 178-189.

Herrera, A. (2010). Suelos: Con énfasis del Altiplano. Puno, Perú: Talleres de la Unidad de Publicaciones – UNA (Universidad Nacional del Altiplano).

Hirpara, D., Sakarvadia, H., Savaliya, C., Ranpariya, V., & Modhavadiya, V.L. (2017). Effect of different levels of boron and molybdenum on the growth and yield of summer peanuts (*Arachis hypogaea* L.) in medium black calcareous soils of the Saurashtra region of southern Gujarat.

Holbrook, C. C. (2001). Estado de los Estados Unidos Colección de germoplasma de maní. Ciencia del maní 28 (2): 84-89

INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2017). Información tomada directamente de la Estación meteorológica La Teodomira. Santa Ana – Ecuador.

INEC, Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. ESPAC (2019). Recuperado: Información estadística: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2019.

INIAP. Del IV congreso de ciencia, tecnología, emprendimiento e innovación (2017). Recuperado en: http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/molea/rmani

INTAGRI. (2018a). Funciones del Calcio (Ca) en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal, Num. 122. Artículos técnicos de INTAGRI. MExico, 5 p.

INTAGRI. (2018b). Funciones del Molibdeno en la Nutrición de los Cultivos. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 121. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p.

INTAGRI. (2017). Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Artículos técnicos de Intagri, 4.

Jamal N. & Zahir S. (2017). Effect of iron and molybdenum on yield and nodulation of lentil. Arpn journal of agricultural and biological science. Department of soil and environmental sciences, faculty of crop production sciences the university of agriculture, peshawar, pakistan. Issn 1990-6145.

Khan, N., Tariq, M., Ullah, K., Muhammad, D., Khan, I., Rahatullah, K., & Ahmed, S. (2014). The effect of molybdenum and iron on nodulation, nitrogen fixation and yield of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, 7(1), 63-79.

Liu, Z., Gao, F., Li, Y., Zhao, J., Wang, Y., Wang, Z., & Yang, D. (2020). Grain yield, and nitrogen uptake and translocation of peanut under different nitrogen management systems in a wheat–peanut rotation. Agronomy Journal, 112(3), 1828-1838.

López, A. E., Mandado, L. J. L., Martín, B. D., & Torres, R. (2014). Efecto de la fertilización mineral y biológica sobre tres genotipos de frijol común en un suelo ferralítico rojo típico. Centro Agrícola, 41(1), 19-23.

López, José; Ruiz, Luis; Juan Fernández. (1994). La nutrición férrica de las plantas. El problema de la clorosis. Universidad de Murcia.

López, Julio. (1991). Fijación y movilización biológica de nutrientes. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España) Editorial CSIC - CSIC Press. 182 p.

Majeed A, Minhas WA, Mehboob N, Farooq S, Hussain M, Alam S., & Rizwan, M.S. (2020). La aplicación de hierro mejora el rendimiento, los rendimientos económicos y la concentración de Fe de grano del frijol mungo. PLoS ONE 15 (3): e0230720. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230720

Mandou, M. S., Chotangui, A. H., Nkot, L. N., & Nwaga, D. (2017). Effects of rhizobia inoculation and molybdenum application on nodulation, N uptake and yield of peanut (Arachis hypogaea L.). Int. J. Agron. Agri, 11(1), 103-113.

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, 2nd Ed. Nueva York. 889p.

Martínez, C. (2007). Caracterización de la variabilidad agromorfológica de cultivares de maní (*Arachis hypogaea* L.), en la región oriental de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Tesis de graduación.

Mengel K. & Kirkby E.A. (2001). Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academics publishers. Dordrecht, The Nederlands. 849p.

Muñoz, O. (2014). Metabolismo del azufre en la simbiosis guisante - rhizobium. UPNA, 55-71.

Oliveira, L. A. D., Pereira, V. J., Santos, M. G. P. D., Lana, R. M. Q., & Aguilar, A. S. (2020). Efecto del molibdeno en el frijol común de invierno (*Phaseolus vulgaris* L.): fertilización foliar y semillas enriquecidas. Idesia (Arica), 38(3), 69-76.

Paredes, M. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf

Patra, P. S., Sinha, A. C., & Mahesh, S. S. (2011). Yield, nutrient uptake and quality of groundnut (Arachis hypogaea) kernels as affected by organic sources of nutrient. Indian Journal of Agronomy, 56(3), 237-241.

Pedellini, R. (2012). Maní, guía práctica para su cultivo. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias (INTA) General Cabrera. Estación Experimental agropecuaria Manfredi, Boletín de divulgación Técnica No 2. Segunda edición. ISSN: 1851-4081

Pedelini, R. (2012). Maní, guía práctica para su cultivo. Ediciones INTA. INTA EEA Manfredi, Córdoba, (AR).

Peralta, L., Guaman, R., Villacreces, A., & Ullaury, J. (1996). INIAP- 380; Nueva variedad de maní de alto potencial en rendimiento de grano, EE" BOLICHE". Boletín divulgativo N°257, Ec, p,2.

Pérez, G.A., Gómez, P.J.I., Garza, O.A., & Barba, B.N. (2012). Importancia del molibdeno en los sistemas biológicos y su papel en enzimas mononucleares como parte del cofactor Moco. Educación química, 23(1), 23-32. Recuperado en 05 de marzo de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-93X2012000100005&lng=es&tlng=es.

Pommeresche, R., & Hansen, S. (2017). Examinando la actividad de los nódulos en raíces de leguminosas. FertilCrop Documento técnico. 5p.

Prado, R.M. (2008). Nutrição de plantas. São Paulo, Brasil. UNESP. 407p.

Quintana, W., Pinzon, E., & Torres, D. (2017). Efecto de un fosfato térmico sobre el crecimiento y producción de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) CV ICA CERINZA. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient., 51-59.

Raghothama, K. G. (2000). Transporte de fosfato y señalización. Current Opinion in Plant Biology 3, 182-187.

Rodríguez, H., & Rodríguez, J. (2011). Métodos de Análisis de Suelos y Plantas: Criterios de interpretación. México: Trillas.

Rodríguez, M., & Flórez, V. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos. Nociones Básicas del Ferti-riego. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Rodríguez, E., Cambeiro, I., Fernández, R., Gil, R., Corredera, M., & Sardiñas, C. (2006). INCORPORACIÓN DE AZUFRE A LOS FERTILIZANTES. SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS. Revista Cubana de Química, 2-9.

Ronen E. (2008). Microelemento en la agricultura. Red Hidroponía. Boletín N° 38. Lima-Perú. Recuperado en: http://www.lamolina.edu.pe/facultad/ciencias/hidroponia/BOLETIN_38/38-ARTICULO-MICROELEMENTOS.pdf

Sarmiento, L. (2013). Evaluación agronómica de un cultivar de maní (*Arachis hypogaea* L). Tipo Valencia en el Valle de Casanga, Provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja. 53-54.

Shi, Q., Pang, J., Yong, J. W. H., Bai, C., Pereira, C. G., Song, Q., & Lambers, H. (2019). Phosphorus-fertilisation has differential effects on leaf growth and photosynthetic capacity of Arachis hypogaea L. Plant and Soil, 1-18.

Singh, A. L., & Dayal, D. (1992). Aplicación foliar de hierro para la recuperación de plantas cloróticas de maní por deficiencia de hierro inducida por la cal y acompañamiento de pérdidas en los rendimientos. Revista de nutrición de las plantas, 15(9), 1421-1433.

Soberanis, R.; (2002). Respuesta del Cultivo de Maní (Arachis hypogea L) a la Fertilización Orgánica en San Miguel Chicaj, Baja Verapaz. Guatemala. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landivar.

Slatni, T., Krouma, A., Aydi, S., Chaiffi, C., Gouia, H., & Abdelly, C. (2008). Growth, nitrogen fixation and ammonium assimilation in common bean (Phaseolus vulgaris L) subjected to iron deficiency. Plant and soil, 312(1), 49-57.

Togay Y., Ermun M. & Çig F. (2015). Effect of Fe (iron) and Mo (molybdenum) application on the yield and yield parameters of lentil (*Lens culinaris* Medic.). Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture. AGRICULTURAL RESEARCH COMMUNICATION CENTRE. www.arccjournals.com/www.legumeresearch.in Legume Research, 38 (3) 2015: 389-393.

Ulluary, J., Guamán, R., & Álava, J. (2004). Maní. Guía del cultivo para las zonas de Loja y El Oro. Boletín Divulgativo No.314. INIAP. Guayaquil.

Vargas, R., & Ramírez, C. (1989). Respuesta de la soya y el maní a *Rhizobium* y a la fertilización con N, P y Mo en un Tepic pellustert de cañas, Guanacaste. Agronomía Costarricense, 13(2), 175-183

Vijil J., Villaseca M., Westreichler E., & Mena P. (2001). El cultivo del maní. Escuela agrícola panamericana.

Yadav, S., Verma, R., Yadav, P.K., & Bamboriya, J. S. (2020). Effect of sulphur and iron on nutrient content, uptake and quality of groundnut (Arachis hypogaea L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(1), 1605-1609.

Zambrano, A.E., & Chamba, J.P. (2011). Respuesta de dos variedades de maní Arachis hypogaea L. a la aplicación de cinco niveles de nitrógeno (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).

Zapata, N., Henriquez, L., & Finot, V. L. (2017). Caracterización y clasificación botánica de veintidos líneas de maní (Arachis hypogaea L.) Evaluadas en la Provincia de Nuble, Chile. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 33(3), 202-212.

Zapata, N., Vargas, M., & Vera, F. (2012). Crecimiento y productividad de dos genotipos de maní (Arachis hypogaea L.) según densidad poblacional establecidos en Ñuble, Chile. Idesia (Arica), 30(3), 47-54.

8 ANEXOS

Anexo 1. Limpieza del terreno previo a la instalación de la investigación.

Anexo 2. Instalación del riego por aspersión en el cultivo de maní

Anexo 3. Siembra del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.).

Anexo 4. Aplicación de fertilizantes en el cultivo de maní

Anexo 5. Cosecha del cultivo de maní

Anexo 6. Materia seca de órganos del cultivo de maní

Anexo 7. Conteo de número de nódulos totales y activos

Anexo 8. Anova de la variable peso seco de raíz en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Variable	N	R^2		Aj	CV
P.Rz kg ha^{-1}	24	0,72		0,54	13,09
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	15167,38	9	1685,26	4,05	0,0098
Tratamiento	14874,63	7	2124,95	5,11	0,0047
Repeticiones	292,75	2	146,38	0,35	0,7095
Error	5825,25	14	416,09		
Total	20992,63	23			

Anexo 9. Anova de la variable peso seco de tallo en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Variable	N	R^2		Aj	CV
P.Tll kg ha^{-1}	24	0,86		0,78	6,76
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	225482,71	9	25053,63	9,84	0,0001
Tratamiento	206572,63	7	29510,38	11,59	0,0001
Repeticiones	18910,08	2	9455,04	3,71	0,0508
Error	35637,25	14	2545,52		
Total	261119,96	23			

Anexo 10. Anova de la variable peso seco de hoja en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Variable	N	R^2		Aj	CV
P.Hj kg ha^{-1}	24	0,75		0,59	9,43
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	356246,75	9	39582,97	4,74	0,0049
Tratamiento	342730	7	48961,43	5,87	0,0025
Repeticiones	13516,75	2	6758,38	0,81	0,4647
Error	116837,25	14	8345,52		
Total	473084	23			

Anexo 11. Anova de la variable peso seco de cascara en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Variable	N	R^2		Aj	CV
P.Csc kg ha^{-1}	24	0,66		0,44	11,91
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	515866,67	9	57318,52	2,97	0,0334
Tratamiento	498933,33	7	71276,19	3,69	0,018
Repeticiones	16933,33	2	8466,67	0,44	0,6535
Error	270266,67	14	19304,76		
Total	786133,33	23			

Anexo 12. Anova de la variable vaina por planta en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Variable	N	R^2		Aj	CV
Vain/plant	24	0,68		0,47	15,52
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	99,8	9	11,09	3,27	0,0233
Tratamiento	72,34	7	10,33	3,05	0,0361
Repeticiones	27,47	2	13,73	4,05	0,0409
Error	47,47	14	3,39		
Total	147,27	23			

Anexo 13. Anova de la variable del rendimiento en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Variable	N	R^2		Aj	CV
Rend. Kg ha^{-1}	24	0,79		0,66	12,76
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	6204833,33	9	689425,93	5,92	0,0017
Tratamiento	6096133,33	7	870876,19	7,47	0,0008
Repeticiones	108700	2	54350	0,47	0,6366
Error	1631166,67	14	116511,9		
Total	7836000	23			

Anexo 14. Anova de la variable nódulo total en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Variable	N	R^2		Aj	CV
Nod. Total	24	0,84		0,73	9,49
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	1148,92	9	127,66	7,88	0,0004
Tratamiento	1109,83	7	158,55	9,78	0,0002
Repetición	39,08	2	19,54	1,21	0,3288
Error	226,92	14	16,21		
Total	1375,83	23			

Anexo 15. Anova de la variable nódulo activo en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Variable	N	R^2		Aj	CV
% Nod. Activa	24	0,73		0,56	14,5
Cuadro de Análisis de Varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	590,85	9	65,65	4,24	0,0081
Tratamiento	586,9	7	83,84	5,41	0,0036
Repetición	3,95	2	1,98	0,13	0,8813
Error	216,89	14	15,49		
Total	807,74	23			

Anexo 16. Anova de la variable nitrógeno en hoja en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Variable	N	R^2		Aj	CV
N en hoja (%)	24	0,61		0,36	11,36
Cuadro de Análisis de Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	10,26	9	1,14	2,44	0,0652
Tratamiento	9,83	7	1,4	3,01	0,0377
Repetición	0,42	2	0,21	0,45	0,6445
Error	6,54	14	0,47		
Total	16,79	23			

Anexo 17. Anova de la variable absorción de nitrógeno en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Absorción total N kg/ha					
Variable	**N**	**R²**		**Aj**	**CV**
Absorción total de N kg ha^{-1}	24	0,94		0,9	6,25
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	34995,21	9	3888,36	25,07	<0,0001
Tratamientos	33810,71	7	4830,1	31,14	<0,0001
Repeticiones	1184,5	2	592,25	3,82	0,0475
Error	2171,69	14	155,12		
Total	37166,91	23			

Anexo 18. Anova de la variable absorción de fósforo en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Absorción total de P kg/ha					
Variable	**N**	**R²**		**Aj**	**CV**
Absorción total de P kg ha^{-1}	24	0,94		0,89	9,54
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	261,38	9	29,04	22,4	<0,0001
Tratamientos	224,43	7	32,06	24,73	<0,0001
Repeticiones	36,95	2	18,48	14,25	0,0004
Error	18,15	14	1,3		
Total	279,53	23			

Anexo 19. Anova de la variable absorción de potasio en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Absorción total de K kg/ha					
Variable	**N**	**R²**		**Aj**	**CV**
Absorción total de K kg ha^{-1}	24	0,95		0,92	5,05
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	1560,96	9	173,44	28,67	<0,0001
Tratamientos	1287,79	7	183,97	30,41	<0,0001
Repeticiones	273,17	2	136,58	22,58	<0,0001
Error	84,68	14	6,05		
Total	1645,64	23			

Anexo 20. Anova de la variable absorción de calcio en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Absorción total de Ca kg/ha					
Variable	**N**	**R^2**		**Aj**	**CV**
Absorción total de Ca kg ha^{-1}	24	0,84		0,74	5,81
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	588,91	9	65,43	8,3	0,0003
Tratamientos	331,77	7	47,4	6,01	0,0022
Repeticiones	257,14	2	128,57	16,32	0,0002
Error	110,33	14	7,88		
Total	699,24	23			

Anexo 21. Anova de la variable absorción de magnesio en el cultivo de maní variedad Tarapoto.

Absorción total de Mg kg/ha					
Variable	**N**	**R^2**		**Aj**	**CV**
Absorción total de Mg kg ha^{-1}	24	0,95		0,92	5,91
Cuadro de Análisis de la Varianza					
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Modelo	293,37	9	32,6	29,29	<0,0001
Tratamientos	258,03	7	36,86	33,12	<0,0001
Repeticiones	35,35	2	17,67	15,88	0,0003
Error	15,58	14	1,11		
Total	308,95	23			