

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA, EN
EL RENDIMIENTO DE UN CLON DE CACAO (*Theobroma cacao*, L)
Y EN LA FERTILIDAD DEL SUELO**



CARLOS ALBERTO ALVARADO MUÑOZ

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura
en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2016

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA, EN
EL RENDIMIENTO DE UN CLON DE CACAO (*Theobroma cacao, L*)
Y EN LA FERTILIDAD DEL SUELO**

CARLOS ALBERTO ALVARADO MUÑOZ

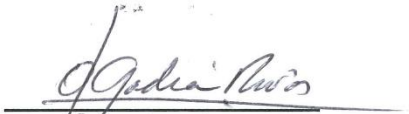
Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador

Ing. Agr. Parménides Furcal Beriguete, M. Sc.



Asesor

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.




Jurado

Ing. Agr. Sergio Torres Portuguez, M. Sc.



Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, M GA



Coordinadora
Trabajos Finales de
Graduación

Ing. Agr. Luís Alberto Camero Rey, M. Sc.



Director
Escuela de Agronomía

2016

Dedico este trabajo, como una pequeña muestra de gratitud,
a la memoria de mi hermano Ing. Agr. Alonso Quesada Bolaños

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa.

A mis padres, Don Carlos Alvarado, Doña Carmen Muñoz, hermanos, Ingrid, Jose Mario, Darleen por su constante apoyo, a mis sobrinas Celeste, Belén y Nazaret por ser fuentes de motivación, a mis primos Mauricio Saborío, Gabriel y Mauricio Muñoz, a mis tíos Vinicio y Eduviges Alvarado, Mario y Melvin Muñoz por su apoyo durante este proceso y todos los demás familiares que contribuyeron a que pudiese terminar este ciclo.

A mis amigos, Karla Araya, Sergio Delgado, Freddy Segura, Nelson Torres, Gloriana Muñoz Bryan Palma, Berny Quirós, Fabián Villalta, que me impulsaron a retomar mis estudios.

A mis profesores, Ing. Agr. Parménides Furcal Beriguete, M Sc, Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M Sc, Ing. Agr. Sergio Torres Portuguez M Sc, por sus aportes durante mi formación como profesional.

Al personal del laboratorio de análisis agronómicos, Sailim Rojas, Fabián Vargas y Diana Vargas, por sus consejos y apoyo durante la elaboración de este trabajo.

A mis hermanos de generación (AG-2010), que mostraron siempre una actitud de colaboración, responsabilidad, fortaleza y liderazgo admirables.

Gracias a todos.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Hipótesis	4
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades del cultivo de cacao	4
2.1.1. Origen y clasificación del cultivo de cacao	4
2.1.2. Morfología del árbol de cacao	6
2.1.3. Descripción botánica del cacao	7
2.1.4. Fases de crecimiento y desarrollo	8
2.2. Características del clon CATIE-R6	10
2.3. Condiciones climáticas	11
2.4. Materia orgánica y carbón orgánico en el suelo	12
2.5. Microorganismos del suelo	13
2.6. Requerimientos de suelo y fertilización	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Descripción del lugar de estudio	19
3.1.1. Localización	19
3.1.2. Época	19
3.1.3. Condiciones climáticas	19
3.1.4. Universo de estudio	20
3.2. Descripción, dosis y frecuencia de aplicación de los tratamientos	20
3.3. Fuentes de los tratamientos	23
3.4. Variables de medición	24
3.4.1. Análisis de microorganismos del suelo	24
3.4.2. Peso y número de frutos frescos	24
3.4.3. Peso y número de semillas	25
3.4.4. Circunferencia del tallo de los árboles	27
3.4.5. Análisis químicos de hojas y suelo	27
3.4.6. Medición de fotosíntesis y radiación fotosintéticamente activa	30

3.5.	Descripción Estadística	30
3.5.1.	Diseño experimental y arreglo de tratamientos	30
3.5.2.	Modelo estadístico correspondiente	30
3.5.3.	Unidad y área experimental	30
3.5.4.	Número de repeticiones y grados de libertad del error.....	31
3.5.5.	Croquis o especificación de diseño de tratamientos	31
3.5.6.	Plan de análisis exploratorio y pruebas de supuestos.....	33
4.	RESULTADOS Y DICUSIÓN	34
4.1.	Efecto de la disponibilidad de nutrientes en el suelo	34
4.2.	Efecto de la disponibilidad de nutrientes a nivel foliar	43
4.3.	Efecto de la fertilización sobre el rendimiento productivo del cultivo.....	47
4.4.	Análisis microbiológico del suelo.....	52
4.5.	Comparación de fotosíntesis y radiación.....	54
5.	CONCLUSIONES	56
6.	RECOMENDACIONES	58
7.	BIBLIOGRAFÍA	59
	ANEXOS	66

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Niveles porcentuales de Materia Orgánica y Carbón Orgánico.	13
Cuadro 2. Concentración de elementos químicos de un análisis foliar en <i>Theobroma cacao</i> en base a 10 hojas de ramas no fruteras procedentes de plantas maduras, en la etapa de llenado de frutos.....	17
Cuadro 3. Presentación de las fuentes, dosis y frecuencia de aplicación de los tratamientos. Katira, Guatuso, Costa Rica, 2015.	22
Cuadro 4. Concentración de elementos del abono orgánico sólido tipo bokashi. Alfaro Ruiz, Alajuela, Costa Rica. Febrero de 2015.	23
Cuadro 5. Concentración de elementos en el abono orgánico líquido. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Febrero de 2015.	24
Cuadro 6. Nivel de Fertilidad del lote experimental antes de fertilizar. Katira, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. 2015.	35
Cuadro 7. Promedio de variables que definen el nivel de fertilidad del suelo para cada tratamiento después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Guatuso, Alajuela, Costa Rica. Octubre de 2016.....	36
Cuadro 8. Valores de probabilidad para estimar las diferencias entre los contrastes polinomiales, de las variables de fertilidad del suelo, después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Guatuso, Alajuela, Costa Rica.....	40
Cuadro 9. Comparación de medias de los tratamientos contrastados que presentaron diferencias significativas según las variables de fertilidad del suelo, después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Katira, Guatuso, Alajuela, Costa Rica, 2016.	42
Cuadro 10. Promedio de variables que definen la concentración de nutrimentos en el tejido de plantas de cacao después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Guatuso, Alajuela, Costa Rica, 2015.	44
Cuadro 11. Valores de p-valor, para determinar diferencias significativas entre los contrastes polinomiales de las variables que determinan el nivel de nutrientes en el tejido	

de las plantas, después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Guatuso, Alajuela, Costa Rica, 2015	46
Cuadro 12. Efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables de respuesta de producción. Katira, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. Agosto de 2016.....	50
Cuadro 13. Comparación de medias de los tratamientos contrastados que presentaron diferencias significativas según las variables de rendimiento productivo del cultivo, después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Katira, Guatuso, Alajuela, Costa Rica, 2016.....	51
Cuadro 14. Población de microorganismos (UFC/g) en suelo húmedo. Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Marzo de 2016.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Registro del peso fresco de los frutos de cacao. Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Agosto de 2015.	25
Figura 2. Peso fresco y número de semillas de cacao, Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Agosto de 2015.	26
Figura 3. Medición de la circunferencia del tallo del árbol de cacao, Katira, Guatuso, Costa Rica. Marzo de 2015.	27
Figura 4. Toma de muestra de suelo a 30 cm de la base del tallo. Katira, Guatuso, Costa Rica. Agosto del 2015.	29
Figura 5. Croquis para el diseño de los tratamientos en el lote experimental. Katira, Guatuso, Alajuela. Costa Rica. Marzo de 2015	32
Figura 6. Medición de fotosíntesis (Pn) y radiación fotosintéticamente activa (PAR) para los diferentes tratamientos, cada valor es una lectura realizada entre las 09:00 am a 2:00 pm. Katira, Guatuso, Costa Rica. Abril de 2016.	55

RESUMEN

Se realizaron aplicaciones con nitrato de amonio (33,5% N), como fuente de nitrógeno, roca fosfórica (30% P_2O_5 , 40% CaO, 10% SiO) como fuente de fósforo, cloruro de potasio (60% K_2O , 45% Cl) como fuente de potasio, *Bokashi* como fuente de abono orgánico sólido y *Biofer húmico*® como abono orgánico líquido, sobre el clon de cacao (*Theobroma cacao L.*) CATIE-R6 al séptimo año de producción en la zona Huetar norte de Costa Rica, entre marzo 2015 y agosto 2016; con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de abono orgánico e inorgánico en el rendimiento del clon de cacao CATIE-R6 y en la fertilidad del suelo. Se establecieron nueve tratamientos utilizando un diseño completamente al azar y tres repeticiones, cada unidad experimental contó con cuatro árboles sembrados a una distancia de tres por tres metros, para una densidad por hectárea de 1 111 árboles. Se realizaron análisis químicos de suelo y foliar para determinar efectos de la fertilización sobre el suelo y el nivel nutricional de la planta, además se analizaron los componentes de producción como número de frutos por árbol por año, peso por fruto, peso húmedo de granos por fruto, número de granos por fruto, índice de grano, rendimiento de grano seco por hectárea por año, y la circunferencia del tallo. Al año de evaluación se encontraron diferencias significativas ($p\text{-valor} \leq 5\%$) en las variables de acidez intercambiable ($\text{cmol}(+)/\text{L}$) para los tratamientos con roca fosfórica y la combinación de nitrógeno, roca fosfórica y potasio, y en la concentración de potasio ($\text{cmol}(+)/\text{L}$) para los tratamientos con potasio, nitrógeno y roca fosfórica. Las variables del análisis foliar y los componentes de producción no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: cacao, nitrógeno, roca fosfórica, potasio, abono orgánico, producción.

ABSTRACT

Applications of ammonium nitrate (33.5% N), as a source of nitrogen, phosphate rock (30% P₂O₅, 40% CaO, 10% SiO) as a source of phosphorus, potassium chloride (60% K₂O, 45% Cl) as a source of potassium, Bokashi as a source of solid organic fertilizer and liquid *Biofer húmico*® as an organic fertilizer on the cacao clone (*Theobroma cacao* L.) CATIE-R6 in the seventh year of production located in the northern region of Costa Rica, locally known as the “Huetar” region, between March 2015 and August 2016. Nine treatments at random with three replication each were implemented. Each experimental unit had four trees planted at a distance of three by three meters, for a density of 1111 trees per hectare. Chemical soil and foliar analyzes were performed to determine the effects of fertilization on the soil including the nutritional status of the plant and production components, such as the number of fruits per tree annually, fruit weight in grams, wet grain weight in grams per fruit, number of grains per fruit, grain index, dry grain kilograms per hectare annually, and stem circumference in centimeters. After one year from the initial evaluation in the variables of exchangeable acidity (cmol (+) / L) the null hypothesis was rejected with a p-value of 5% for the treatments with phosphate rock and for the treatments with the combination of nitrogen, phosphate rock and potassium. Meanwhile, the potassium concentration (cmol (+) / L) for the treatments with potassium, nitrogen and phosphate rock the null hypothesis is true. No significant change between treatments was found in the foliage analysis and production components.

After analyzing the soil variables, it was determined that the pH of rocks with the combination treatment of nitrogen-potassium-phosphate was lower (5,12) than the pH of rocks with the potassium treatment (5,70); treatments with organic sources, have lower levels of acidity saturation percentage than the control group; also individual applications of the three inorganic sources (N, RF, K) have lower saturation percentages, exchangeable acidity and sourness than the combination of the three sources. Concentration levels of potassium in the soil increased when this element had the least amount of combinations with other sources, both organic and

inorganic. Fresh fruit weight was higher when only potassium was applied, compared to the application of the three elements together (N-RF-K) and the amount of seeds per fruit was higher when nitrogen is applied without potassium.

Keywords: cocoa, nitrogen, phosphate rock, potassium, organic fertilizer production

1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica se encuentra ubicada en la zona donde se cree se domesticó el cacao (Mesoamérica). Existen reportes del año 1563 sobre plantaciones de cacao ya establecidas en localidad de Quepos por los aborígenes de la zona. Más tarde, por los años 1636 a 1640 se establecieron plantaciones en la zona de Matina, que contribuyeron a restablecer los vínculos comerciales con Portobello, Cartagena y Panamá (MacLeod, 1996).

Costa Rica reportó cerca de 4543 ha sembradas para finales del 2007 en las provincias de Limón, Alajuela y Puntarenas, una cantidad muy baja comparada con la del año de 1995 donde existían casi 12000 ha. La reducción del área se atribuye a factores como la afectación causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. Esta enfermedad provocó el abandono, y descuido de muchas plantaciones, unido a esto existía poca asistencia técnica que pudiera brindar una respuesta para combatirla (Canacacao, 2008).

Aún con estos problemas, los 2229 productores vigentes realizan esfuerzos para competir con las exigencias de los mercados internacionales. En las comunidades de Talamanca, Upala, y Guatuso, existen cacaocultores organizados en asociaciones, que han logrado producir de manera orgánica, y han conseguido certificar sus producciones, pese a los esfuerzos realizados por estos al año 2008, los rendimientos se consideraban bajos (250 kg de grano seco/ha/año), las causas de estos rendimientos se atribuyen a que el 75% de las fincas están bajo el sistema de producción orgánica, además la calidad genética de los materiales de siembra no es adecuada, y la falta de manejo acorde a las necesidades del cultivo. Estas limitantes repercuten directamente en los ingresos de los productores imposibilitando la inversión en la plantación (Canacacao, 2008). En la actualidad, los rendimientos han mejorado con la liberación de material genético seleccionado, estos se han incrementado paulatinamente conforme a la madurez fisiológica de

estos materiales. Para el año 2011, la empresa comercial Finmac S.A reportó rendimientos superiores a 1500 kg/ha en la zona atlántica del país. MAG (Ministerio de agricultura y ganadería, CR, 2011)

Mesoamérica y la parte central de América del Sur (precisamente su centro de origen), presentan la mayor variabilidad de especies de cacao a nivel mundial, esto ha ocasionado una dificultad para seleccionar las mejores especies productoras (IICA, 2006). El Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE) creó hace 30 años el programa de mejoramiento genético del cacao, el cual tiene como objetivo principal, crear variedades de cacao mejoradas y ponerlas a disposición de los productores de estas zonas. Para el año 2007, se liberaron seis clones que se distribuyeron en Centroamérica los cuales se caracterizan por ser tolerantes a la monilia (*Moniliophthora roreri*) y con un comportamiento productivo bastante bueno, sería importante continuar con más registros de rendimiento, dado que las evaluaciones regionales sobre la producción de estos clones son muy pocas en nuestro país (CATIE, 2015).

1.1. Justificación

Esta investigación se dirigió a productores, industriales y a los comerciantes, del sector cacao que están interrelacionados, puesto que parte de los productores de cacao del país, también son procesadores de productos derivados de este cultivo o bien incursionan en el mercado nacional o internacional. Aunque la parcela donde está el experimento se localiza en la finca de un productor de la Región Huetar Norte, se podría pensar que los principales beneficiarios serían los productores de esta región. Sin embargo, se beneficiará a todos los subsectores involucrados en el sector cacaotero, debido a que el programa de investigación y transferencia de tecnología agropecuaria (PITTA CACAO) comprende y convoca a productores, industriales y comerciantes de todo el país. Luego de que este proyecto finalice, conjuntamente con el de “Extracción de nutrientes por la producción de frutos de cacao” que finalizó en el primer trimestre de 2015 y que fue la base de este nuevo proyecto de investigación, se dispondrá de información respecto a la importancia o

no de la fertilización en suelos en clones de cacao, puesto que en la actualidad no se conoce si la fertilización produce réditos en los clones recomendados para el desarrollo de nuevas fincas. A pesar que la investigación se hizo en uno de los clones promisorios obtenidos en el país, la información que se obtenga será transferida o usada en otros clones desarrollados (con los posibles o necesarios ajustes, como también para suelos) que presenten similitud en la extracción o absorción de nutrientes por la producción de frutos de cacao en la nutrición vegetal.

Los productos generados en esta investigación, propician un acercamiento con la comunidad de cacaocultores, al mismo tiempo que fortalece la parte académica y genera información para el sector profesional nacional, también brinda soluciones a uno de los objetivos del eje de producción y productividad, del plan estratégico de la cadena productiva de cacao, propuesto por el PITTA-CACAO.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación de abono orgánico e inorgánico en el rendimiento del clon de cacao CATIE-R6 y en la fertilidad del suelo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- * Evaluar el efecto de la fertilización al suelo con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) sobre el rendimiento de un clon de cacao y sobre la fertilidad del suelo.
- * Evaluar el efecto de la combinación de la fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) sobre el rendimiento de un clon de cacao y sobre la fertilidad del suelo.
- * Evaluar el efecto de la fertilización con abono orgánico (AO) sobre el rendimiento de un clon de cacao y sobre la fertilidad del suelo.

1.3. Hipótesis

Se espera que la fertilización con Nitrógeno (N), Potasio, (K), Roca Fosfórica (RF) y Abono orgánico (Sólido y Líquido) influya de manera positiva en el rendimiento del cultivo y en la fertilidad del suelo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de cacao

2.1.1. Origen y clasificación del cultivo de cacao

El cultivo de cacao es estrictamente tropical, y se ha convertido en uno de los mayores aportes de América a la agricultura de esta zona (León, 2000). Se cree que el consumo de la pulpa de sus semillas, pudo influir en la domesticación del género *Theobroma*, el cual tiene su centro de origen en la cuenca del Amazonas, lo que actualmente es Brasil, Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia (Dostert, *et al* 2011). Las semillas pudieron haberse expandido hasta el sur de México, es en esta zona, donde se cree que se domesticó el cultivo, pues se conoce que en los países de México y Guatemala, existen tipos de cacao como el “Criollo” y “Lagarto” que se caracterizan por ser grandes, de colores llamativos (rojos y amarillos) y con una cascara suave que permiten extraer con facilidad las semillas, además las semillas de estos tipos de cacao, no contienen principios amargos (León, 1968).

Se estima que la dispersión de semillas por las zonas bajas de Venezuela, Colombia, Ecuador, Centroamérica y el sur de México, dieron origen al cacao catalogado como criollo, y que los mayas contribuyeron con la domesticación de este, pues se conoce que 20 años después de la llegada de los españoles a México, estos encontraron grandes cantidades del grano almacenado en las bodegas del Emperador Moctezuma, además esta zona geográfica es la que mayor representatividad ha tenido en cuanto al aporte de material vegetal para el mejoramiento genético del cultivo. (Batista, 2009)

Con el pasar de los años y transmitiendo los conocimientos, las generaciones Mayas fueron descubriendo cada vez más las propiedades estimulantes contenidas en las semillas, es así como lograron establecer las plantaciones de cacao en la región, que se extendían desde el sur de México hasta la actual frontera entre Costa Rica y Panamá (León 2000).

En el periodo colonial, los españoles se encargaron de difundir el uso como bebida en Europa agregando especies y azúcar, y expandieron su cultivo en Suramérica y Filipinas (León, 2000).

Según Dostert *et al* (2011) el género *Theobroma* pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculioidae, esta comprende 22 especies, las cuales son árboles con ramificaciones y frutos indehiscente carnosos, conocidos como mazorcas y es la especie *Theobroma cacao L.* la que se usa en plantaciones para el comercio del mercado mundial del cacao.

Al existir una expansión de este árbol por toda la zona tropical a nivel mundial, propició que haya una variabilidad genética muy alta, esto dificultó aplicar el termino variedad a la clasificación del cacao, por lo que se estableció una clasificación genética a nivel de grupos, los cuales son: los Criollos, los Forasteros y los Trinitarios (Pérez, 2006), lo cuales caracterizaremos a continuación.

Criollo: Para Dostert *et al* (2011) el criollo fue domesticado primero por los aborígenes Mayas hace más de 2000 años, algo que también concuerda con León (2000) el cual menciona que estas formas fueron cultivadas primeramente en Mesoamérica y fue la forma de cacao que se utilizaba en siembras hasta mediados del siglo XVII. Los árboles pertenecientes a este grupo, se caracterizan por ser delgados; los frutos poseen una cubierta delgada y más escultrada con una coloración rojiza, las semillas son gruesas y contienen cotiledones blancos, esto debido a una posible depresión endogámica lo cual los hace más susceptibles a plagas y su rendimiento es menor al compararlo con los otros grupos (Dostert *et al*, 2011). Se considera un grupo raro y en vías a desaparecer, existen pocas

poblaciones puras en Venezuela como la llamada “porcelana” que produce el cacao de mejor calidad mundial.

Forastero: estas formas son las que se encontraban en el centro de origen de esta planta, en la cuenca superior del Amazonas, también se les llama cacaos Amazónicos o amargos, su característica principal es que su fruto es color verde, el pericarpo es grueso y con un mesocarpo lignificado, las semillas son de color púrpura redondas y ligeramente aplanadas con más de 30 semillas por mazorca. Cerca del 80% del cacao producido a nivel mundial, pertenece a este grupo (Martínez, 2007).

Trinitario: Este grupo es un híbrido entre los grupos criollo y forastero, se originó en las islas de Trinidad y Tobago después que las islas fueran azotadas por un huracán en el año de 1727, producto de este desastre natural hubo cruces entre los grupos criollo y forastero, heredando la robustez del cacao forastero y sabor del cacao criollo. Existe mucha demanda de este cacao para la producción de chocolates de alto grado de “sabor” (Pérez, 2006).

Dostert *et al*, (2011) mencionan que existen dos subespecies dentro de *Theobroma cacao*: *Theobroma cacao* L. *subsp cacao* y *Theobroma cacao* L. *subsp. Sphaerocarpum* (Chev.) Cuatrac. La primera subespecie forma el grupo *criollo*, mientras que la segunda subespecie forma el grupo *forastero*.

2.1.2. Morfología del árbol de cacao

El cacao es un árbol o arbusto semicaducifolio que logra alturas de hasta 12 m, en plantaciones los arboles normalmente se manejan entre 4 a 8 m de altura (Dostert, *et al* 2011).

Los árboles que se originan a partir de una semilla, se caracterizan por tener un eje vertical que alcanza una altura de 1,5 m en su parte apical se formarán de tres a cinco ramas laterales que forman un tipo de “horqueta, estas ramas continuaran con su crecimiento plagiotrópico. Bajo el grupo de estas ramificaciones, crece una yema apical, que permite el crecimiento ortotrópico del

tallo, el cual volverá a formar un nuevo piso de “horquetas” y continuará repitiendo este patrón de crecimiento hasta lograr su altura máxima, este crecimiento es llamado crecimiento simpodial y cuando las plantas son muy viejas este patrón es difícil de identificar por el engrosamiento del tronco y el desarrollo asimétrico de las ramas (León, 2000).

Esta especie se puede propagar vegetativamente por medio de estacas enraizadas; cuando las estacas provienen de una ramilla cuyo crecimiento es plagiotrópico, la morfología del árbol asemeja un abanico y este no tendrá un tallo central. Si la estaca proviene de una ramilla de crecimiento ortotrópico, el crecimiento del árbol será semejante al de un árbol proveniente de una semilla (León, 2000). Sobre los tallos crecerá una estructura vegetativa semejante a un tallo, a la cual los productores llaman comúnmente “chupones”, esta estructura normalmente no es deseada en una plantación, por lo que se debe podar para evitar se convierta en una fuente de sumidero (León, 2000).

Una vez que el tallo haya lignificado, (1 a 2 años), aparecerán las primeras flores, estas forman inflorescencias partiendo de los botones axilares de las hojas viejas, la apertura de los botones florales se produce en horas de la tarde, y la anthesis finaliza en horas de la mañana siguiente, la polinización en esta planta es cruzada pero puede darse el caso de que haya una autocompatibilidad. La polinización es realizada por varios insectos como los trips, hormigas, áfidos y moscas pequeñas. Una vez polinizada la flor, pasaran 36 horas para que los pétalos caigan, esto es señal de que la fructificación ha iniciado y a las 72 horas los ovarios ya se han hinchado, el fruto demorara en formarse alrededor de 150 y 180 días varía según el cultivar y el lugar donde se encuentre la producción (Dostert, *et al* 2011).

2.1.3. Descripción botánica del cacao

Las hojas son enteras, membranosas; con estípulas subuladas, agudas pubescentes o tomentosas, poseen tricomas en forma de estrella caducos; los pecíolos miden de 14 a 27 mm de largo por 3 a 5 mm de ancho los cuales son glabros cuando pubescente con tricomas simples. Las láminas foliares alcanzan

17,9 a 48,3 cm de largo por 6,6 a 13,6 cm de ancho de forma oblongo elípticas subobovada, asimétrica, glabra con tricomas simples y bifurcados en ambas caras; son color rojizas cuando jóvenes tornándose verde al madurar, base obtuso atenuada de margen entero e irregularmente sinuado; ápice largamente acuminado. Las inflorescencias cauliflora axilar o extra axilar (Rondón y Cumana, 2005)

La flor mide de 10 a 20 mm de largo, es actinomorfa y consta de cinco sépalos de 6 a 8 mm de largo unidos en la base, ovado-lanceolados, con forma aguda en el ápice, membranosos, cara externa pubescente con tricomas estrellados; posee cinco pétalos de 6 a 9 mm de largo, libre entre sí, membranosos y de color púrpura. Costa de 10 estambres formando el tubo estaminal cinco fértiles 2,5-3 mm de largo, opuestos a los pétalos, filamentos reflexos, glabros; dos anteras ditecas, dehiscencia longitudinal extrorsa, dorsifijas, estaminodios cinco de 6,5-7,5 mm de largo, alternos a los pétalos, subulados, flexuosos con una línea lateral rojiza, pubescentes, tricomas simples. Ovario 2-3 mm de largo, oblongo-ovoide, obtusamente pentagonal, subsésil, pubescente, tricomas glandulares; estilos fusionados, glabros; estigmas subulados (Rondón y Cumana 2005).

El fruto es una drupa de 15,2 a 18,9 cm de largo incluyendo el pedúnculo, baciforme, ovalado-oblongo, con 10 surcos profundos, glabro, color púrpura o verde en estados iniciales, amarillo y rojo cuando maduro en su interior contiene numerosas semillas de 20 a 60 de superficie lisa, color castaño, con contenido de pulpa sobre ellas, esta contiene una alta concentración de azúcares que es de gran importancia para el proceso de fermentación (Pérez, 2006).

2.1.4. Fases de crecimiento y desarrollo

Como en la mayoría de cultivos, las etapas de crecimiento y desarrollo están ligadas a las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se pretende establecer la plantación y de las técnicas utilizadas para mejorar el desarrollo del cultivo. En las plantaciones actuales de cacao, se ha implementado la técnica de injertación, la cual es un método de reproducción asexual, esto ha modificado en cierta medida las fases de crecimiento y desarrollo, del mismo.

Para realizar esta técnica, las fincas cacaoteras, cuentan con jardines clonales, en los cuales tienen sembrados dos tipos de árboles:

1. **Los patrones** que se caracterizan por poseer un sistema radical fuerte y un crecimiento uniforme
2. **Los Clones**, que son copias genéticamente exactas de árboles altamente productivos y tolerantes a enfermedades.

Además de estas áreas, se debe contar con un vivero, donde se garantice las mejores condiciones de luz, agua, fertilizante así como el control de plagas y enfermedades de las nuevas plántulas.

Primera fase: consiste en la pre-germinación de las semillas sin mucílago de los árboles patrón, las cuales suelen colocarse sobre aserrín o sacos de cabuya húmedos durante un periodo de cuatro días, para estimular a la ruptura de la semilla y salida del embrión, una vez que esto sucede, se siembran en bolsas y se trasladan al vivero, donde se les brindará el manejo adecuado durante aproximadamente 2,5 a 3 meses (Taller cacao); cumplido este periodo el árbol tendrá un diámetro mayor a 5 mm a partir de 10 a 15 cm de la base de siembra, a esta edad se procede a realizar el injerto del clon seleccionado, el cual demora aproximadamente 12 días en adherirse fisiológicamente al árbol patrón. Una vez confirmado que este clon se ha adherido se deja en el vivero y pasados tres meses y al menos con seis hojas verdaderas el nuevo árbol está listo para trasladarse a campo, por lo que podría resumirse que la primera fase de crecimiento demora aproximadamente 6 meses (Compañía Nacional de Chocolate, 2012).

Segunda fase: consiste en la formación del árbol, que va aproximadamente desde el trasplante hasta los 18 meses, en este periodo el tronco crece verticalmente hasta alcanzar de 80 a 100 cm de la base del suelo, a esta altura empieza el crecimiento plagiotrópico, que consiste en el alargamiento de las yemas axilares, las cuales forman una corona, que normalmente se les denomina horquetas (Concha,

1987). En esta fase normalmente se producen flores de las cuales, algunas llegan a formar frutos, además crecen tallos secundarios llamados como chupones (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, 2010).

Tercera fase, comprende desde los 18 meses hasta los 10 años y se considera como la etapa juvenil pues los árboles aumentan su altura y vigor, además la producción de frutos es creciente con cada año que pasa, según ensayos realizados por Phillips *et al* (2012), reportan incrementos de hasta 2600 kg/ha/año en esta fase.

Cuarta Fase: esta fase se caracteriza por que los árboles mantiene su producción estable debido a la madurez productiva de los mismos, comprende desde los 10 años hasta el año 25 y se le suele llamar etapa plena de producción. Después del año 25 al año 40 empieza a decrecer la producción de manera paulatina (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, 2010).

Quinta Fase: Se conoce como la etapa de senescencia, y se da a partir de los 40 años en adelante, se caracteriza por que el árbol se vuelve más susceptible a enfermedades, escasa floración y fructificación, se produce un agotamiento fisiológico del árbol (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, 2010).

2.2. Características del clon CATIE-R6

El clon CATIE-R6 es originario de Costa Rica, producido por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), esta planta se deriva del cruzamiento de los árboles UF-273 y PA-169. Sus principales diferencias en comparación con los clones CATIE R1 y CATIE R4 es que su fruto tiene una coloración verde con púrpura en estado inmaduro, en la base el fruto presenta una constricción basal suave y las paredes externas del fruto lucen una rugosidad suave. Es un árbol auto-incompatible, pero con alto porcentaje de inter-compatibilidad con otros clones (Phillips *et al*, 2012).

Durante las evaluaciones anuales y que aún se mantienen, el centro agronómico, ha logrado evidenciar el buen comportamiento de este clon ante las dos enfermedades de mayor afectación para el cultivo, para las inoculaciones naturales

se reporta incidencias de 0% a la enfermedad mazorca negra (*Phytophthora palvívora*) y menores al 10% en moniliasis (*Moniliophthora roreri*), para las inoculaciones inducidas a estas enfermedades logran determinar un comportamiento moderadamente resistente contra la mazorca negra y tolerante a la moniliasis (Phillips *et al*, 2012).

En cuanto a los componentes de rendimiento mencionan que, se requiere un total de 24 frutos para obtener un kilogramo de semillas fermentadas y secas, en promedio el peso de una semilla fermentada y seca es de 1,4 g y el índice de eficiencia del rendimiento se considera el más alto en comparación con el resto de clones, el cual ronda 5,34 (Phillips *et al*, 2012).

2.3. Condiciones climáticas

Para obtener un buen crecimiento, desarrollo y producción de cacao, es necesario tomar en cuenta, las condiciones del ambiente donde se va a establecer la plantación, pues los eventos como producción de flores, polinización y cosecha se rigen por las condiciones del clima. Según López *et al* (2015) el ambiente ideal para la producción de este cultivo, debe ser muy similar al de su entorno natural, donde factores como la temperatura, precipitación, la intensidad lumínica y humedad relativa, asemejen un bosque tropical el cual se considera como su ecosistema. Cualquier variación en los factores antes mencionados, pueden repercutir directamente en las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo.

En cuanto a la precipitación, PROAMAZONA (2003) reporta que los valores óptimos oscilan entre 1 600 mm a 2 500 mm distribuidos durante todo el año, precipitaciones sobre el límite máximo, podrían generar afectaciones al cultivo. Estos valores son semejantes a los reportados por López *et al* (2015), quien menciona que el rango óptimo se encuentra entre 1 800 y 2 500 mm al año, con una buena distribución. Este mismo autor reporta que los rendimientos del cultivo se pueden afectar cuando existen periodos secos prolongados pues este fenómeno tiene una repercusión directa en la floración y formación de los frutos. Para Batista (2009), la repercusión de este factor es sobre los insectos polinizadores, pues

cuando hay periodos de sequía prolongados, se ha notado que las especies de insectos, disminuyen en el cacaotal, afectando directamente la polinización que se originan después de las primeras lluvias. Otro factor climático que afecta directamente la floración y la fructificación es la temperatura, pues a menores temperaturas, se retrasa el crecimiento y el desarrollo del fruto.

El cultivo de cacao requiere temperaturas cuyo rango se encuentre entre 23°C la mínima y 32°C la máxima. Batista (2009) reporta que fluctuaciones de temperaturas constantes entre el día y la noche con diferencias mayores o iguales 9 °C, producen un desequilibrio fisiológico, haciendo que el árbol comience a producir una serie de brotes foliares, este nuevo crecimiento, obliga al árbol a tomar reservas y desviar nutrientes para la nueva necesidad, descuidando otras funciones como el llenado de frutos por ejemplo. Se ha observado que niveles de temperatura bajos, repercuten negativamente en el crecimiento de tejido leñoso en y la floración, mientras que las temperaturas altas repercuten de manera positiva sobre los frutos pues estos, se maduran con mayor rapidez entre 140 y 175 días en días calurosos contrario a los 205 días en días fríos (López *et al*, 2015).

El factor viento puede generar problemas de defoliación, cuando la velocidad de este es igual o mayor a los 4 m/s y no haya alguna barrera cortavientos en la plantación, la defoliación se produce por que el viento es determinante en la evapotranspiración del entorno (López *et al*, 2015).

Durante el primer año de edad de la plantación, es necesario asociar el cultivo de cacao con especies que le generen sombra, pues el cultivo es afectado por la acción directa de los rayos solares. Estas especies deberán irse eliminando conforme la plantación crezca, pues en una plantación establecida, se considera que existe una limitación en los rendimientos si la luminosidad se afecta en un 50% (PROAMAZONA, 2003).

2.4. Materia orgánica y carbón orgánico en el suelo

La materia orgánica es de mucha importancia en el suelo, ya que esta tiene una influencia directa en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas en este

recurso; es a partir de este material, donde comienzan a originarse los horizontes del suelo y por ende se relacionan también con la estructura del suelo y sus condiciones asociadas a la infiltración de agua y aireación (Núñez, 1981); la materia orgánica forma agregados en el suelo uniendo las arcillas para mejorar su estabilidad, al unirse favorecen la infiltración del agua y la retención, evitando que el suelo se pierda por erosión Otiniano *et al* (2006). En cuanto a las propiedades químicas, la materia orgánica aumenta la reserva de elementos nutritivos para las plantas al igual que su disponibilidad y capacidad de intercambio, ayuda a mantener un pH óptimo para la asimilación o disponibilidad de ciertos nutrientes especialmente los fosfatos, azufre y nitrógeno (Núñez, 1981; Otiniano *et al.*, 2006). Los microorganismos toman la energía requerida para su desarrollo de este material, y ponen a disposición de las plantas elementos nutritivos (Ramos, 2011) propiciando un crecimiento ecológico equilibrado.

El agro-ecosistema del cultivo de cacao promueve el reciclaje de los nutrientes en el suelo, ya que el aporte de materia orgánica por parte de las hojas que este deposita sobre el suelo, más la de los árboles de sombra y posteriormente la incorporación de los residuos de cosecha es considerablemente alta, esto favorece la activación de los procesos microbiológicos del suelo (López *et al*, 2007)

En el cuadro 1 se expone los niveles porcentuales de carbono orgánico y materia orgánica en los suelos y su interpretación.

Cuadro 1. Niveles porcentuales de Materia Orgánica y Carbón Orgánico.

Interpretación	Materia Orgánica (%)	Carbón Orgánico (%)
Alto	Mayor de 4,25	Mayor de 2,5
Medio	1,7 a 4,25	1 a 2,5
Bajo	Menor a 1,7	Menor a 1

Fuente: Núñez 1981.

2.5. Microorganismos del suelo

La utilización de muestreos para determinar la diversidad de microorganismos en el suelo se ha vuelto una práctica más común en las

investigaciones que relacionen la fertilidad del suelo, esto porque una variación en los niveles de fertilidad o acidez del mismo, pueden repercutir sobre la actividad microbiana del mismo en un periodo corto de tiempo.

Los microorganismos del suelo están en constante actividad, cumpliendo funciones como la degradación de residuos orgánicos, formación de humos, liberando elementos nutritivos insolubles que se encuentran en el suelo, algunos fijan nitrógeno atmosférico, otros forman relaciones simbióticas con las plantas que ayudan a estas a absorber nutrientes como es el caso de las micorrizas y en el mejor de los casos pueden desarrollar acciones antagónicas sobre organismos que generan enfermedades a las plantas. Estas actividades dependen como en todo ecosistema de factores como la humedad, la temperatura, el pH, cantidad de oxígeno del suelo así como la disponibilidad de material orgánico y el origen de este (Ramos, 2011).

El pH juega un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de los microorganismos, por ejemplo, las bacterias y los actinomicetos, se desarrollan mejor en ambientes con niveles altos de pH, el rango para las bacterias oscila entre 4,0 a 9,0 siendo el óptimo entre 6,5 y 8,5 los hongos soportan valores más bajos por eso dominan en suelos ácidos (Ramos, 2011).

Las unidades formadoras de colonia por gramo de suelo para los hongos son difíciles de estimar puesto que estos poseen estructuras vegetativas llamadas micelios y una sola espora puede llegar a producir millones de estructuras filamentosas, a nivel de identificación esta propiedad les confiere un grado de complejidad, esta misma propiedad les permite ser los mejores colonizadores y los de mayor dominancia desde el punto de vista de biomasa (Sagardoy y Mandolesi, 2004). Se estima que un número normal para las unidades formadoras de colonias es de 10^4 o 10^5 por gramo de suelo. Una de las funciones más importantes de este grupo de microorganismos, es la relación simbiótica específicamente las micorrizas que contribuyen a la tomar elementos nutritivos del suelo de mayor dificultad para

la planta y hacerlos disponibles para esta, otros combaten plagas y enfermedades como es el caso del *Trichoderma sp* y *Penicillium sp* (Ramos, 2011).

Las bacterias son, según Sagardoy y Mandolesi (2004), los organismos más numerosos y oscilan en un rango de 10^7 y 10^8 unidades formadoras de colonia por gramo de suelo. La diversidad de estas es tan numerosa como los substratos que degradan por ejemplo, las bacterias heterótrofas se encargan de la descomposición de animales y plantas, mientras que las quimio-autótrofas, son importantes para completar los ciclos de los elementos químicos que sirven de alimento a las plantas (Ramos, 2011).

Los actinomicetos contribuyen a la descomposición de materiales de difícil degradación como son los compuestos por quitina, celulosa y hemicelulosa, y suelen encontrarse en suelos más pobres en materia orgánica por lo que no compiten directamente con los hongos y bacterias; una función importante para la agricultura en general es la de generar antibióticos como la estreptomicina (Ramos, 2011).

Las levaduras poseen un nivel de diversidad mayor que el resto de los microorganismos, además de poseer mayor dispersión en el suelo se consideran valores de 1 a 10^6 unidades formadoras de colonias por gramo de suelo, como parámetro de medición, la amplitud de este parámetro se debe a que los estudios apuntan más a la identificación que al conteo de estas (Mestre et al., 2009).

2.6. Requerimientos de suelo y fertilización

El cultivo de cacao requiere suelos profundos, livianos y ricos en nutrientes, al poseer una raíz pivotante, el perfil del suelo debe oscilar entre 1 y 1,5 m de profundidad. Los arboles de cacao no son tolerantes a suelos inundados ni suelos totalmente secos, debe existir un equilibrio de humedad para mantenerse, por lo que el nivel freático debe encontrarse aproximadamente a los 1,2 m de profundidad. Los suelos permeables arcillo-arenosos son considerados ideales para la producción de este cultivo (Batista, 2009).

Antes de realizar cualquier recomendación o aplicación de fertilizante se debe realizar un análisis de suelo y de tejido, esto permitirá conocer el estado nutricional del suelo y de la planta, así como las relaciones de los elementos y las posibles correcciones que se deben realizar, para garantizar un crecimiento adecuado en la plantación (Mendoza, 2013).

Existen cuatro parámetros de importancia en el país para realizar un diagnóstico de fertilidad de los suelos, estos son: a) Parámetros de acidez el cual incluye las características del potencial de hidrogeno (pH), acidez intercambiable, el porcentaje de saturación de acidez y la sumatoria de bases, b) La capacidad de intercambio catiónico efectiva y el valor de las bases (Ca, Mg, K). c) Relaciones catiónicas, d) valor del fósforo y elementos menores (Méndez y Bertsch, 2012).

Las plantaciones de cacao toleran suelos con niveles de pH entre 5.0 a 7,5 pero dependiendo de la fertilidad del suelo, estos pueden tolerar pH inferiores al mínimo mencionado (Dostert, *et al* 2011). En cuanto a los niveles de acidez intercambiable, Batista (2009) menciona que un rango aceptable para el cultivo de cacao se encuentra entre los valores de 0,31 y 1,5 meq/100 cc de suelo, valores por encima del máximo pueden provocar problemas en el comportamiento de los elementos del suelo, repercutiendo en la absorción por parte de los arboles; también menciona que los niveles medios del porcentaje de saturación de acidez se encuentran entre 11 y 25%; el mismo autor considera aptos los suelos que contengan un rango de entre 12,1 y 30 meq/100 cc de suelo para la característica de capacidad de intercambio catiónico. En cuanto al valor de las bases, se considera que un suelo bueno para la siembra del cultivo de cacao debe contener valores de 4,1 y 18,1 meq/100 cc de suelo para el elemento calcio, de 0,9 y 4,4 meq/100 cc de suelo para el elemento Mg y de 0,21 y 0,40 meq/100 cc de suelo para el elemento potasio (Batista, 2009). Todas las variables anteriores están relacionadas con el aporte de materia orgánica que pueda brindar el cultivo, al ser este un árbol semi-caducifolio, el aporte de material vegetal al suelo es basto, por lo que los niveles de materia orgánica en el suelo pueden superar valores al 3%. (Pinargote, 2015).

Los parámetros para la evaluación del análisis foliar son más sencillos pues se comparan únicamente las concentraciones de los elementos contra valores estándares del cultivo (Guerrero, 2012). El cuadro 2 presenta valores estándares para cada elemento según Mills y Benton (1996).

Cuadro 2. Concentración de elementos químicos de un análisis foliar en *Theobroma cacao* en base a 10 hojas de ramas no fruteras procedentes de plantas maduras, en la etapa de llenado de frutos.

Elem/Rango	N	P	%			ppm				
			K	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Cu	Zn
Min	2.00	0.13	1.30	0.30	0.20	60	50	25	8	20
Max	2.5	0.25	2.20	0.60	0.50	200	300	70	12	100

Fuente: Mills y Benton (1996).

El árbol de cacao incrementa la absorción de nutrientes durante los primeros cinco años después de la siembra, una vez alcanzada esta edad, la tasa de absorción se mantiene durante su ciclo de producción que es aproximadamente 40 años, la cantidad de nutrientes que extraiga está relacionada con el estado nutricional del árbol, y la disponibilidad que haya en el suelo, normalmente absorbe más potasio, seguido de nitrógeno, calcio y magnesio (López, *et al* 2015).

Diferentes autores han brindado datos sobre la extracción de los principales nutrientes del suelo para producir una tonelada de cacao seco, por ejemplo PROAMAZONA (2003) menciona que una tonelada extrae del suelo aproximadamente 44 kg de nitrógeno (N), 10 kg de fosfato (P_2O_5) y 77 kg de potasio (K_2O), mientras que IPNI (2007), reporta que de nitrógeno (N) se necesitan 30 kg, de fosfato (P_2O_5) 8 kg, de potasio (K_2O) 40 kg. Ambos autores presentan datos comprendidos en el rango propuesto por Mejía y Palencia (2000) y Sánchez *et al.* (2005), los cuales mencionaron extracciones de 31 a 40 kg de N, de 11,5 a 13,75 kg de P_2O_5 y de 64,8 a 103 kg de K_2O .

López *et al* (2007), realizaron un ensayo donde midió el efecto de la fertilización inorgánica, sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, el ensayo lo aplicó sobre un suelo caracterizado como de mediana a alta fertilidad con bajos contenidos de fósforo disponible, y con una textura franco arcilloso; el autor utilizó

nutrimentos como el nitrógeno, fósforo y potasio en las siguientes dosis: 45 de nitrógeno y 0, 45, 90, y 135 de fósforo y potasio, estas dosis se combinaron hasta tener 16 tratamientos, en el primer año solo encontró variaciones positivas en la disponibilidad de fósforo, pero no se encontraron diferencias de significancia. Para el segundo año los autores mencionan que se logró evidenciar diferencias altamente significativas entre los tratamientos con fósforo. A nivel foliar, el autor observó, variaciones en el contenido de los elementos, pero estos no representaron un nivel significativo; para el segundo año las diferencias significativas fueron únicamente para el elemento nitrógeno.

Otros autores como Puentes *et al.* (2014), evaluaron la eficiencia del uso de nitrógeno, fósforo y potasio en cuatro clones de cacao. En dicha evaluación lograron evidenciar un incremento en el rendimiento del peso seco de los granos en casi todos los clones, la dosis que marcaron este incremento fueron 4,7 g/planta de úrea, 66,8 g/planta de fosfato diamónico y 278,6 g/planta de nitrato de potasio fraccionadas en dos aplicaciones. También determinaron que el menor rendimiento en cuanto al peso de la semilla, lo presentaron los tratamientos que contenían dosis más altas de los nutrimentos utilizados (13,9 g/planta de urea, 134,1 g/planta de fosfato diamónico y 557,6 g/planta de nitrato de potasio) y el tratamiento testigo absoluto. Cabe mencionar que las diferencias se observaron hasta el segundo año de evaluación.

Sánchez, et al. (2002), realizaron una evaluación similar en arboles con 15 años de edad, con dosis variadas de nutrimentos químicos (NPK) y una aplicación de gallinaza como nutrimento orgánico, se midió la producción de cuatro años consecutivos, y los resultados obtenidos, no presentan diferencias significativas; pero si mencionan que los tratamientos en los que se aplicó nutrimentos químicos, presentan una tendencia a ser mayores en cuanto al rendimiento de kilogramos de grano por hectárea, pero aun así ninguno de estos superó la media del tratamiento con gallinaza (853 kg de grano seco/ha/año).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del lugar de estudio

3.1.1. Localización

La evaluación se realizó en el cantón de Guatuso en la provincia de Alajuela, en la finca perteneciente al señor Edwin Sibaja, ubicada geográficamente, a 10°43'51.87" latitud norte y 84°55'02.43" longitud oeste, la misma se encuentra a una altura de 177 m.s.n.m. La selección de la finca se realizó tomando en consideración anuencia del productor, seguridad en la entrega de la producción del lote experimental para sus análisis y disponer de cultivo con más de cinco años de edad.

3.1.2. Época

Las cosechas de cacao en este estudio comprenden un año, se realizaron entre el segundo semestre del año 2015 y primer semestre del año 2016, iniciando los tratamientos en el primer semestre del año 2015.

3.1.3. Condiciones climáticas

Esta finca se ubica en la zona de vida bosque muy húmedo premontano, transición a basal, cuenta con una precipitación anual de 2545 mm cuyo mes más seco es marzo con 43 mm, y su máximo de precipitación se presenta en julio con 363 mm, se reporta una temperatura media anual de 25,9 °C. Para el año de evaluación los valores de precipitación de la zona estuvieron en 2355 mm siendo el mes más seco marzo con 8,08 mm, la mayor precipitación se presentó en el mes de octubre con 403,42 mm, la temperatura mínima registrada fue de 19,30 °C, mientras que la máxima alcanzo el valor 34,20 °C para un promedio de temperatura anual de 27.59 °C según datos de la estación meteorológica ubicada en la localidad de los Jazmines de Upala.

3.1.4. Universo de estudio

La investigación se desarrolló en la Zona Huetar Norte, Los resultados obtenidos se divulgarán entre los productores de las asociaciones de productores de cacao del país, pues la información podría ser transferida a otros clones desarrollados (con los posibles o necesarios ajustes) que presenten similitud en la extracción o absorción de nutrientes por la producción de frutos de cacao en la nutrición vegetal, además que sean plantados en zonas con características similares.

3.2. Descripción, dosis y frecuencia de aplicación de los tratamientos

La investigación se realizó en árboles de cacao de siete años de edad, a partir de esta edad, el cultivo presenta teóricamente una buena producción, el material de respuesta que se utilizó es un clon trinitario, CATIE R6. El uso de un clon se debe a que existe menos variabilidad en los árboles que la que puede existir en los híbridos y otros materiales procedentes de semillas Phillips *et al* (2012). Además el clon que se utilizó, es uno de los materiales genéticos distribuidos y recomendados por el CATIE en los últimos años a los productores, por ser tolerantes a la moniliasis y a mazorca negra, y con capacidad para producir altos rendimientos.

La evaluación constó de nueve tratamientos, estos incluyeron fertilizantes inorgánicos, orgánicos y combinaciones, además del tratamiento testigo (sin fertilizante). Todos los tratamientos se aplicaron al suelo dos veces por año a una distancia entre 20 y 50 cm de la base del tallo de cada árbol. Estos tratamientos se detallan a continuación, asimismo la dosis y frecuencia de aplicación se muestran en el cuadro 3.

1. Testigo absoluto. (Debido a que existen productores que no fertilizan el cacao)
2. Solo nitrógeno (N)
3. Solo Potasio (K)

4. Solo Roca Fosfórica (RF)
5. Combinación de Nitrógeno (N) y Potasio (K)
6. Combinación Nitrógeno (N), Roca Fosfórica (RF) y Potasio (K)
7. Abono orgánico líquido (AOL). (También lo usan los productores de cultivo de cacao orgánico).
8. Abono orgánico sólido (AOS). (En el país muchos productores de cacao usan AOS como fuente de nutrientes para la fertilización de los árboles).
9. Combinación abono orgánico sólido (AOS) y abono orgánico líquido (AOL).

Cuadro 3. Presentación de las fuentes, dosis y frecuencia de aplicación de los tratamientos. Katira, Guatuso, Costa Rica, 2015.

Fuente	Dosis del elemento (kg/ha)	Frecuencia
Nitrato de amonio como fuente de N.	70 de N	Dos aplicaciones en cada año (fraccionada en dosis de 50% cada una).
Cloruro de potasio (KCl) como fuente de K	80 de potasio como K ₂ O	Dos aplicaciones en cada año (fraccionada en dosis de 50% cada una).
Roca fosfórica como fuente de P.	40 de fósforo como P ₂ O ₅	Dos aplicaciones en cada año (fraccionada en dosis de 50% cada una).
Abono orgánico sólido (Compost) y líquido.	Abono orgánico 2 000 Kg/ha, Abono líquido 50 ml/L (400ml de la solución por árbol)	Dos aplicaciones en cada año (fraccionada en dosis de 50% cada una).

Dosis basadas en los resultados obtenidos en el proyecto extracción de nutrientes esenciales en frutos de clones de cacao en producción en dos regiones en Costa Rica (Furcal, 2015).

3.3. Fuentes de los tratamientos

Como fuente de nitrógeno y potasio se usó nitrato de amonio que contiene 33,5% de N y cloruro de potasio (60% de K₂O) respectivamente. El fósforo fue aportado a través de roca fosfórica debido a que esta fuente de fósforo puede ser usado tanto por los productores de cacao orgánico como inorgánico, esta fuente con el nombre comercial Fosfomax® contiene 30%, 40% y 10% de P₂O₅, CaO, SiO₂ respectivamente. Las fuentes de los abonos orgánicos utilizadas fueron dos, fertilizante natural tipo bokashi el cual contiene las especificaciones mostradas en el cuadro 4, de acuerdo a la etiqueta del producto.

Cuadro 4. Concentración de elementos del abono orgánico sólido tipo bokashi. Alfaro Ruiz, Alajuela, Costa Rica. Febrero de 2015.

Elemento	Contenido
N	0.2 a 1.30 % P/P
P	0.3 a 2.5% P/P
K	0.6 a 1.7 % P/P
Mg	0.2 a 1.2 % % P/P
Ca	2 a 9 % P/P
Zn	100 a 350 PPM
Cu	40 a 120 PPM
Fe	650 a 750 PPM
Mn	450 a 900 PPM
M.O.	32.3% P/P

Como abono orgánico líquido, se utilizó el Biofer húmico® el cual, según la etiqueta del producto, aporta los siguientes elementos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Concentración de elementos en el abono orgánico líquido. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Febrero de 2015.

Elemento	Contenido (P/V) (%)
N	3.15
P ₂ O ₅	0.86
K ₂ O	0.25
Ca	0.26
Mg	0.06
S	0.30
Zn	0.10
Fe	110 PPM
Material inerte	95.02
Total.	100 %

Además contiene: polisacáridos, aminoácidos, ácidos húmicos y microorganismos benéficos.

3.4. Variables de medición

3.4.1. Análisis de microorganismos del suelo

Las muestras para el análisis microbiológico, se recolectaron en el mes de febrero de año 2016, utilizando como herramienta una pala se procedió a limpiar los residuos de hojas que se encontraban en el suelo, y posteriormente se recolecto la muestra de suelo, esta se depositó un una bolsa plástica etiquetando el tratamiento y repetición al cual correspondía, al finalizar la recolección de todas las muestras, se unieron las repeticiones que correspondían a cada tratamiento, se utilizó la técnica del cuarteo, en tres ocasiones para asegurar uniformidad en la muestra general del tratamiento, se extrajo una sub-muestra de aproximadamente un kilogramo, que se envió al laboratorio de Biocontroladores del Instituto Tecnológico de Costa Rica para su respectivo análisis.

3.4.2. Peso y número de frutos frescos

Se realizó un total de 25 cosechas durante el periodo de evaluación, en el cual se recolectaron los frutos, por cada tratamiento, estos se depositaron en bolsas

de plástico con su respectiva identificación (Tratamiento y Repetición), posteriormente se trasladaron al laboratorio de análisis agronómicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica donde a cada bolsa se le contabilizó el total de frutos y se les registró el peso al total de ellos en una báscula *Sartorius iw2P1E-150FeL* (Figura 1), la información se registró para calcular los siguientes indicadores: a) Número de frutos por árbol por año, se realizó la sumatoria de la cantidad de frutos cosechados por tratamiento, y se dividió entre el total de árboles de la unidad experimental (12), b) Peso Medio de frutos frescos: se registró el peso fresco de cada mazorca y se dividió entre el total de frutos recolectados por parcela.



Figura 1. Registro del peso fresco de los frutos de cacao. Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Agosto de 2015.

3.4.3. Peso y número de semillas.

Posterior al conteo y registro de peso de los frutos, se realizó la quiebra de los mismos para la extracción de las semillas, estas fueron contadas y pesadas (Figura 2); si el valor del peso fresco fue mayor o igual a dos kilogramos, el tratamiento se colocaba a fermentar durante siete días, en cajones de madera de laurel blanco *Cordia sp*, durante este tiempo se realizaron volteos de la semilla cada 24 y 48 horas, con el fin de lograr una fermentación homogénea. Cuando el peso de la masa de semillas era menor que dos kilogramos, no se aplicó la técnica de fermentación, pues al ser tan poca masa, esta no alcanzaba los niveles óptimos de

temperatura (55°,60° C) para lograr la fermentación adecuada, por lo que la masa de semillas se colocaba en una bandeja y al sol para ayudar a deshidratar la película de mucílago que envolvía las semillas, estas se dejaban hasta cuatro días bajo estas condiciones. Trascurrido estos tiempos (fermentación y deshidratación), las semillas se colocaron en el horno a una temperatura de 45°C durante 72 a 96 horas para secarlas, al cumplir el tiempo, se procedía a registrar el peso seco de cada tratamiento en la base de datos del proyecto, para calcular con estos datos, el número de granos por fruto, así como el índice de grano que relaciona el peso seco de los granos entre el número total de granos y la cantidad en kilogramos de grano seco por hectárea por año.

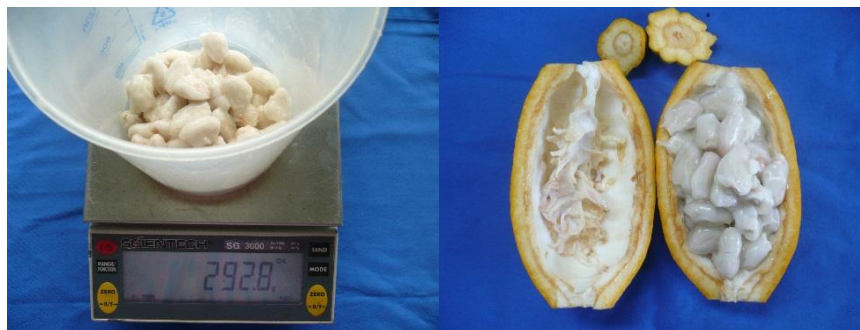


Figura 2. Peso fresco y número de semillas de cacao, Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Agosto de 2015.

3.4.4. Circunferencia del tallo de los árboles

Al inicio de cada aplicación de fertilizante, se procedió a realizar las medidas de la circunferencia del tronco, con una cinta métrica flexible graduada en centímetros, a una altura de 20 cm del suelo (Figura 3).



Figura 3. Medición de la circunferencia del tallo del árbol de cacao, Katira, Guatuso, Costa Rica. Marzo de 2015.

3.4.5. Análisis químicos de hojas y suelo

La concentración de nutrientes (CN) en las hojas se midió a los 76 días después de la segunda fertilización, en cada unidad experimental. Se tomaron 10 hojas por árbol de la parte media de ramas emitidas el año anterior al muestreo, buscando una hoja no tan madura (color verde oscuro sin brillo) o tan joven (verde claro) esto con el fin de evitar diferencias en las concentraciones de elementos móviles o poco móviles en las mismas. El traslado de estas hojas se hizo en bolsas plásticas con su respectiva identificación, una vez en el laboratorio se lavó cada una

de ellas con agua destilada, para eliminar posibles impurezas. Los análisis se hicieron por medio de digestión seca y posterior medición por el método de Dumas para el caso del N, mientras que para los elementos catiónicos (Ca, Mg y K) se determinaron sometiendo las muestras a un tratamiento de digestión seca y tratamiento con cloruro de lantano al 1% para luego realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica (*Agilent Technology 240FS AA*). Los elementos menores como Fe, Mn, Cu, Zn se leyeron directamente del filtrado, en el espectrofotómetro de absorción atómica (*Agilent Technology 240FS AA*), mientras que el para determinar el P, se utilizó el molibdato de amonio y leído en el espectrofotómetro ultravioleta visible (*PG instrumentes. T60UV-Visible Spectrophotometer*)

Los muestreos de suelo para los análisis químicos se realizaron en dos ocasiones diferentes, el primero se realizó antes de la primera fertilización (04/01/2015), la segunda muestra se realizó el 21/10/2015, es decir después de las dos aplicaciones anuales de los tratamientos, las cuales se hicieron en marzo y agosto. En este muestreo se consideró cada repetición; se realizó un barrenaje hasta los 20 cm de profundidad y a 30 cm de la base del tallo del árbol (Figura 4), distancia comprendida dentro del rango donde se colocó el fertilizante de cada tratamiento, la muestra fue depositada en un recipiente para ser cuarteada y tomar una porción representativa de aproximadamente 500 gramos de suelo húmedo. El recipiente y el barreno se limpiaron con agua después de cada tratamiento para evitar contaminación entre muestras, posteriormente se trasladaron al laboratorio de análisis agronómicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica para realizar el análisis químico completo. Los elementos Ca, Mg y Acidez se extrajeron con KCl 1M, mientras que el P, K y elementos menores se extrajeron con *Olsen* modificado.



Figura 4. Toma de muestra de suelo a 30 cm de la base del tallo. Katira, Guatuso, Costa Rica. Agosto del 2015.

3.4.6. Medición de fotosíntesis y radiación fotosintéticamente activa

Para realizar la medición de fotosíntesis neta y la radiación fotosintéticamente activa, se utilizó el medidor de fotosíntesis marca CID, modelo CI-340 esta es una herramienta que contiene elementos electrónicos diseñados y calibrados para realizar las mediciones de estas y más variables fisiológicas en campo Se realizó cinco mediciones a cada árbol en un mismo día, estas iniciaron a las 09:00 am y se terminaron a las 03:00 pm.

3.5. Descripción Estadística

3.5.1. Diseño experimental y arreglo de tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar, la selección del diseño se hizo tomando en cuenta la homogeneidad del lote, en cuanto a pendiente y profundidad de suelo, principalmente y la distribución de los clones de cacao en el lote.

3.5.2. Modelo estadístico correspondiente

El modelo matemático que representa este diseño se expresa como:

$$Y_{ik} = \mu + T_i + \varepsilon_{ki} \quad (\text{completamente al azar})$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable dependiente (observación)

μ = Media general de la población

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ki} = Error aleatorio experimental

3.5.3. Unidad y área experimental

Los tratamientos se aplicaron en los meses de marzo 2015, agosto 2015 y marzo 2016, ello a razón de que en marzo todavía había humedad suficiente en el

suelo, además que la alta cosecha del cultivo en el cantón propuesto para el estudio se produce en los períodos de abril-mayo y setiembre-noviembre, por lo que es conveniente aplicar los fertilizantes antes de la máxima cosecha.

3.5.4. Número de repeticiones y grados de libertad del error

Cada tratamiento se repitió tres veces y las parcelas experimentales constaron de cuatro árboles cada una, la densidad de plantación se estimó de 1111 plantas por hectárea, con un marco de plantación 3 m x 3 m.

Grados de Libertad total = $27-1 = 26$

Grados de Libertad del tratamiento: $9-1 = 8$

Grados de libertad error experimental: $26-8 = 18$

3.5.5. Croquis o especificación de diseño de tratamientos

La figura 5 muestra el croquis de la ubicación de los tratamientos dentro de la plantación de cacao. Todos los árboles de las columnas "F,K,P,U,Z", corresponden al Clon CATIE-R6, los números en las celdas de estas columnas corresponden al número del tratamiento aplicado, y previo a estas columnas se detalla las iniciales del tratamiento; en el resto de columnas se encuentran sembrados los clones CATIE-R4, ICS-95, PMCT-58, CC137, IMC-67.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										

Figura 5. Croquis para el diseño de los tratamientos en el lote experimental. Katira, Guatuso, Alajuela. Costa Rica. Marzo de 2015

3.5.6. Plan de análisis exploratorio y pruebas de supuestos

El análisis de los resultados del contenido de nutrientes en las hojas, suelo, producción de frutos (kg/ha/año) y de semillas secas en kg/ha/año se realizó mediante el software estadístico *InfoStat*, con este se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y análisis de medias con la prueba de *Tukey*, además se hizo un análisis de los contrastes polinomiales en los que se comparó:

- Abono orgánico sólido – Abono orgánico líquido
- Testigo – Todos los tratamientos
- Testigo – Orgánico (sólido y líquido)
- Testigo- Fuentes inorgánicas (N-RF-K)
- Fuentes inorgánicas – Fuentes orgánicas
- Testigo – Fuentes orgánicas y roca fosfórica
- Nitrógeno y Potasio – Fuentes orgánicas y roca fosfórica
- Potasio – Nitrógeno y Potasio
- Nitrógeno - Nitrógeno y Potasio
- Nitrógeno, Roca Fosfórica y Potasio – Nitrógeno
- Nitrógeno, Roca Fosfórica y Potasio – Roca Fosfórica
- Nitrógeno, Roca Fosfórica y Potasio – Potasio

4. RESULTADOS Y DICUSIÓN

4.1. Efecto de la disponibilidad de nutrientes en el suelo

El cuadro 6, presenta la disponibilidad de nutrimentos en el suelo previo al ensayo; en este podemos notar que los parámetros de acidez se encuentran dentro del rango aceptable, entre ellos el valor del pH se encuentra bajo, pero no representa un problema, la acidez intercambiable y el porcentaje de saturación de acidez se encuentran por debajo de los niveles críticos, estos valores son tolerables para el cultivo según Batista (2009), quien propone valores adecuados para este cultivo de 6,4 - 5,1 para el pH, 0,31-1,50 para la acidez intercambiable y 11-25 para el porcentaje de saturación de acidez. En cuanto a la revisión del estado de las bases, se observa que el calcio y el magnesio presentan valores medios de fertilidad y altos para el potasio, este valor alto puede atribuirse a que el productor tiene como práctica la dispersión de los residuos (cáscara y placenta) de la cosecha dentro de la plantación, y según la investigación realizada por Furcal (2015), la mezcla de la placenta y la cáscara de la mazorca extraen mayores niveles de Ca y K que los granos; por lo que al devolver estos residuos al campo, se podría incrementar los valores en el suelo de estos elementos; La sumatoria de bases se encuentra en un valor de 15,77 (cmol(+)/L) y el porcentaje de saturación de acidez en 1,87%, Cubero (2001) menciona que un suelo de alta fertilidad debe tener una sumatoria de bases mayor que 10 (cmol(+)/L) un porcentaje de acidez menor a 10%, por lo que podemos considerar este suelo como de alta fertilidad. Los valores de fósforo son bajos, mientras que los de zinc, manganeso y cobre son medios, el hierro presenta un valor alto según Méndez y Bertsch (2012).

Cuadro 6. Nivel de Fertilidad del lote experimental antes de fertilizar. Katira, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. 2015.

Variable	Valor
pH	5,01
Acidez ext. (cmol+)/L)	0,30
% Sat.Acidez	1,87
C.I.C.E (cmol+)/L)	16,04
Sumatoria de Bases (cmol+)/L)	15,77
Ca (cmol+)/L)	9,91
Mg (cmol+)/L)	4,76
K (cmol+)/L)	1,07
Ca/Mg	2,08
Ca/K	9,26
Ca+Mg/K	13,71
Mg/K	4,45
P (mg/l)	2,00
Zn (mg/l)	6,90
Mn (mg/l)	11,00
Fe (mg/l)	159,00
Cu (mg/l)	20,00

A los 302 días después de aplicados los tratamientos en dos fracciones, se realizó el análisis de suelo para cada una de las unidades experimentales, con el fin de determinar el efecto de los tratamientos en esta área.

Los resultados obtenidos con la prueba de comparaciones múltiples (*Tukey*) se resumen en el cuadro 7, este muestra las diferencias significativas para las variables de acidez intercambiable y el elemento potasio.

Cuadro 7. Promedio de variables que definen el nivel de fertilidad del suelo para cada tratamiento después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Guatuso, Alajuela, Costa Rica. Octubre de 2016.

Tratamiento	pH.	Sat Acid	M.O	C.O	Acidez.	Σ bases	K	Ca	Mg	P
Testigo	5,43 ^a	4,51 ^a	4,62 ^a	2,68 ^a	0,37 ^{ab}	8,00 ^a	0,46 ^{ab}	5,8 ^a	1,78 ^a	6,46 ^a
N	5,46 ^a	3,35 ^a	5,48 ^a	3,18 ^a	0,31 ^{ab}	9,51 ^a	0,27 ^a	7,2 ^a	2,07 ^a	3,68 ^a
K	5,70 ^a	3,12 ^a	4,50 ^a	2,61 ^a	0,30 ^{ab}	9,80 ^a	0,84^b	6,9 ^a	2,09 ^a	14,28 ^a
RF	5,37 ^a	3,01 ^a	4,19 ^a	2,43 ^a	0,28^a	9,02 ^a	0,36 ^a	6,4 ^a	2,29 ^a	6,18 ^a
N-K	5,30 ^a	4,22 ^a	4,84 ^a	2,81 ^a	0,37 ^{ab}	8,35 ^a	0,63 ^{ab}	6,0 ^a	1,77 ^a	10,76 ^a
N-RF-K	5,12 ^a	5,38 ^a	4,88 ^a	2,83 ^a	0,47^b	8,23 ^a	0,55 ^{ab}	6,0 ^a	1,66 ^a	6,10 ^a
AoL	5,41 ^a	3,12 ^a	5,02 ^a	2,91 ^a	0,29 ^{ab}	9,13 ^a	0,37 ^a	6,6 ^a	2,19 ^a	5,55 ^a
AoS	5,66 ^a	3,00 ^a	5,13 ^a	2,98 ^a	0,30 ^{ab}	10,52 ^a	0,43 ^a	7,8 ^a	2,25 ^a	9,81 ^a
Ao S-L	5,66 ^a	2,75 ^a	4,86 ^a	2,82 ^a	0,28 ^{ab}	10,04 ^a	0,47 ^{ab}	7,3 ^a	2,26 ^a	7,44 ^a
Promedio	5,46	3,61	4,84	2,80	0,33	9,18	0,49	6,65	2,04	7,81
CV (%)	3,49	24,68	7,69	7,69	18,62	9,48	34,73	10,53	11,87	41,56

Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). pH: Potencial de hidrógeno, Sat Acid: Saturación de acidez (%), M.O: materia orgánica, C.O: carbón orgánico, Acidez: Acidez intercambiable Σ bases: sumatoria de bases K: Potasio, Ca: Calcio, Mg: Magnesio, P: Fósforo

Seis de los tratamientos presentan valores del pH por debajo del nivel crítico (Méndez y Bertsch, 2012), sin embargo, Dostert, *et al* (2011) considera que el cultivo puede tolerar valores por encima de 5,0 hasta 7,5 de pH. Cuando el nivel de pH en el suelo es bajo, genera el aumento de la actividad de los elementos como el aluminio y el hierro, estos elementos se vuelven más solubles combinándose con el fósforo para formar fosfatos de hierro y aluminio, según disminuya el pH del suelo esto hace que el elemento no esté disponible para la planta (Munera y Meza, 2014), en este caso particular podría ser por efecto del hierro, puesto que como se observa el cuadro 8 la acidez o aluminio intercambiable se encuentra con valores bajos o adecuados.

El tratamiento N-RF-K es el que presenta la media más baja (5,12) y el tratamiento K la más alta (5,70). Al realizar la comparación estadística, encontramos que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Pinargote (2015)

menciona que el óptimo para esta variable es de 6,0 a 7,0 mientras que Dostert, *et al* (2011) considera que el cultivo puede tolerar valores entre 5,0 y 7,5 de pH. Se observa que el tratamiento con K que presenta diferencias en el contenido de K es el que además muestra el pH mayor

El porcentaje de saturación de acidez, oscila entre los valores de 2,75 para el tratamiento con Ao S-L, y 5,38 para el tratamiento con N-RF-K aun así, la diferencia entre estos tratamientos no presenta problemas pues se encuentra por debajo del nivel crítico (Méndez y Bertsch, 2012). Esta variabilidad presenta un valor de 3,31% lo que implica un cambio no significativo.

Los resultados estadísticos no demuestran diferencias significativas en cuanto al porcentaje de materia orgánica en el suelo, pese a que se realizaron aplicaciones conjuntas de ambas fuentes (liquida y sólida), estas no contribuyeron en el aumento del porcentaje de esta variable en el suelo, algo similar les resultó a Orozco y Thienhaus (1997), estos autores realizaron aplicaciones de gallinaza seca con 10 meses de reposo, estimando su valor de materia orgánica en 64,15%, sobre suelos con pH entre 4,5 y 6,5 y con alto contenido de materia orgánica y bajos en fósforo, los resultados que obtuvieron aplicando 1,36 kilogramos por planta solo mostraron tendencias positivas de incremento pero no así diferencias significativas. Ambos análisis se realizaron al año después de aplicación y los mismos autores recomiendan la evaluación a un tiempo más prolongado. En cuanto a las medias de los tratamientos podemos considerar estos valores como altos ya que su promedio es de 4,84% y según Núñez (1981) valores altos de materia orgánica deben superar el 4.25%, Pinargote (2015), menciona que los suelos para la producción de cacao deben superar el 3% de materia orgánica.

El tratamiento con nitrógeno, roca fosfórica y potasio (N-RF-K), presentó una media de 0.47 cmol(+)/L de acidez y se diferenció estadísticamente del tratamiento con roca fosfórica (RF) el cual presentó una media de 0.28 cmol(+)/L esto indica que la combinación de los tres fertilizantes aumentó la acidez intercambiable en comparación con el tratamiento con roca fosfórica, atribuimos que es la combinación

de los tres elementos, pues al contrastar este tratamiento (N,RF,K) con los tratamientos individuales de cada elemento (N) (RF) y (K), existió diferencias significativas como se puede observar en el cuadro 8.

Los tratamientos con abono orgánico sólido (AoS) y la combinación del abono orgánico sólido y líquido (AoS-L), presentaron medias mayores en la variable sumatoria de bases, 10,52 y 10,04 cmol(+)/L respectivamente, en comparación con los demás tratamientos. Este incremento no es significativamente mayor, sin embargo es posible que por las propiedades químicas que posee la materia orgánica, la cual se aportó en estos tratamientos, pueda darse este incremento. Según Fuster (2014), la materia orgánica al mezclarse con la arcilla, forma agregados llamados “complejo arcillo-húmico”, éste complejo tiene la capacidad de retener, cationes como el potasio, calcio y el magnesio, evitando que estos se pierdan por lixiviación y puedan ser aportados a la solución de suelo.

El elemento potasio, se encontró en un rango de fertilidad media en todos los tratamientos de acuerdo a los niveles propuesto por Méndez y Bertsch (2012), en el análisis de varianza se demuestra que existen diferencias significativas a favor de este tratamiento. La aplicación de potasio (K) es el tratamiento que presenta una media mayor en el contenido de este elemento en el suelo que se diferencia de los tratamientos con nitrógeno (N), roca fosfórica (RF), abono orgánico sólido (AoS) y abono orgánico líquido (AoL), se considera que esta situación puede darse por la fertilización propia con el elemento.

Los tratamientos nitrógeno con potasio (N-K), nitrógeno-roca fosfórica y potasio (N-RF-K), el testigo y la combinación de los abonos orgánicos (AoS-L), presentan medias iguales en potasio según el análisis estadístico, pero con valores mayores al compararlos con los tratamientos de abono orgánico sólido (AoS), abono orgánico líquido (AoL), roca fosfórica (RF) y el nitrógeno (N) a los que se considera con medias iguales. Los resultados sugieren, en general, un mejor contenido de K con las combinaciones de los tratamientos que los mismos en su forma independiente.

Los resultados obtenidos en los análisis del elemento calcio, presentaron valores muy similares entre tratamientos, ningún tratamiento presentó diferencias significativas en esta variable; los valores se encuentran en un nivel medio (Méndez y Bertsch, 2012). Se podría esperar que el tratamiento con roca fosfórica aumentaría el contenido de calcio debido a que esta contiene 40% de CaO, sin embargo es muy similar a los demás tratamientos, para lo cual no hay una explicación clara.

En cuanto a los valores del magnesio, los tratamientos con nitrógeno y potasio (N-K), nitrógeno, potasio y roca fosfórica (N-RF-K), además del testigo presentaron valores inferiores a la media, 1,77, 1,66 y 1,78 cmol(+)/L respectivamente, niveles bajos de este elemento, aunque no por debajo del nivel crítico <1 cmol(+)/L presentado por (Méndez y Bertsch, 2012), se atribuyen a la competencia entre cationes, podemos observar, que los tratamientos que presentan potasio, son los que repercuten directamente en los niveles del magnesio. Thompson y Troeth (1988), mencionan que existe un antagonismo fuerte para los elementos calcio y potasio y en menor medida para el magnesio y el potasio, pero siempre existe una competencia entre cationes debida a sus cargas positivas y que el incremento en la absorción de uno, provocara una disminución del otro.

Los resultados para el elemento fósforo, no presentaron diferencias significativas en los tratamientos aplicados, pese a que los tratamientos potasio (K) y nitrógeno con potasio (NK) superaron la media general con valores de 14,28 y 10,76 mg/l respectivamente, estos valores no representan significancia, se puede observar un alto coeficiente de variación en esta variable (41,56), y esta se debe a que una de las tres repeticiones de los tratamientos mencionados, superaron las medias de las otras dos repeticiones, superado los seis meses a la misma muestra se repitió el análisis en cuestión y los resultados fueron muy similares, a los obtenidos en el primer análisis químico, por lo que se atribuye esta variabilidad propia al área donde se encontraban las repeticiones. La media general de los tratamientos fue de 7,81 mg/l, según Mendez y Bertsch (2012) se encuentra por

debajo del nivel crítico, estos autores presentan un nivel crítico < 10 mg/L. Aún con aplicaciones de este elemento como tratamiento, no hubo respuesta al mismo.

Al realizar los contrastes polinomiales entre los diferentes tratamientos, se encontraron diferencias significativas para cuatro de las diez variables analizadas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores de probabilidad para estimar las diferencias entre los contrastes polinomiales, de las variables de fertilidad del suelo, después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Guatuso, Alajuela, Costa Rica

Contraste	pH	Sat Acid	C.O %	M.O	Acid interc	Σ bases	Ca	Mg	K	P
AoS vs AoL	0,28	0,89	0,85	0,85	0,90	0,24	0,21	0,84	0,60	0,41
Testigo vs Todos	0,83	0,13	0,58	0,58	0,28	0,14	0,18	0,26	0,71	0,69
Testigo vs Org	0,41	0,04	0,42	0,42	0,10	0,06	0,08	0,11	0,70	0,78
Testigo vs Inorg	0,84	0,30	0,73	0,73	0,54	0,28	0,35	0,46	0,42	0,66
Org vs Inorg	0,12	0,06	0,46	0,45	0,08	0,14	0,14	0,15	0,08	0,82
Testigo vs Org y RF	0,57	0,03	0,69	0,69	0,07	0,08	0,12	0,09	0,56	0,84
N,K y NK vs Org y RF	0,75	0,21	0,66	0,66	0,22	0,46	0,50	0,15	0,01	0,40
N vs NK	0,49	0,31	0,29	0,29	0,28	0,32	0,23	0,38	0,01	0,18
K vs NK	0,09	0,21	0,55	0,55	0,26	0,22	0,36	0,36	0,07	0,49
N-RF-K vs N	0,15	0,03	0,31	0,31	0,01	0,27	0,25	0,23	0,02	0,64
N-RF-K vs K	0,02	0,02	0,52	0,52	0,01	0,18	0,39	0,21	0,02	0,12
N-RF-K vs RF	0,27	0,01	0,25	0,25	0,01	0,49	0,72	0,07	0,10	0,99

AoS: Abono orgánico sólido, AoL: Abono orgánico líquido, Org: Abono orgánico líquido y sólido y sus combinaciones, Inorg: Nitrógeno, Fósforo y Potasio y todas sus combinaciones, pH: Potencial de hidrógeno, Sat Acid: Saturación de acidez (%), C.O carbón orgánico, M.O materia orgánica, Acid. Interc. Acidez intercambiable, Σ bases: sumatoria de bases, Ca: Calcio, Mg: Magnesio, K: Potasio, P: Fósforo

La variable pH presentó diferencias al contrastar el tratamiento nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) contra el tratamiento de potasio (K), a favor de este último.

Al contrastar el testigo contra los tratamientos con abono orgánico (AoS, AoL Ao SL) más roca fosfórica (RF), se presentaron diferencias significativas en la variable porcentaje saturación de acidez, esta misma situación se repitió al contrastar los tratamientos con nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) y nitrógeno (N), roca fosfórica, (RF) y potasio (K) por separado, como se puede observar en el cuadro 9; según Mendez y Bertsch (2012) el porcentaje de saturación de acidez es una estimación que involucra la acidez intercambiable y la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), por lo que variaciones en cualquiera de estas, repercutirá directamente en el resultado del porcentaje de saturación, esta diferencia radica en que los valores de la acidez intercambiable para los tratamientos testigos y nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K), son mayores que el promedio de sus contrastantes. Esta diferencia se puede constatar en la variable de acidez intercambiable donde se presentan también diferencias significativas cuando se contrastan el tratamiento nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) con nitrógeno (N), nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) con roca fosfórica (RF) y nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) con potasio (K) (Cuadro 9).

Los resultados obtenidos al contrastar el tratamiento de nitrógeno (N) contra el nitrógeno-potasio (NK) y el contraste entre los tratamientos nitrógeno (N), potasio (K), nitrógeno y potasio (NK) contra los tratamientos orgánicos (AoS, AoL y AoS-L) y roca fosfórica (RF), fueron diferentes, al del resto de contrastes; demostrando que existe un efecto de la fertilización con este elemento (K) en la concentración del catión potasio en el suelo.

Algo similar ocurre cuando se contrasta nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) contra nitrógeno (N) en este caso el tratamiento que mayor potasio aporto al suelo es el primero, mientras que al comparar nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) contra potasio (K) es el tratamiento potasio (K) quien aporta mayor contenido de potasio al suelo. Todas estas diferencias tienen un grado de significancia estadística.

Cuadro 9. Comparación de medias de los tratamientos contrastados que presentaron diferencias significativas según las variables de fertilidad del suelo, después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Katira, Guatuso, Alajuela, Costa Rica, 2016.

Variable	Contraste	Tratamiento	Media	Desviación	p-valor
pH	N-RF-K vs K	N-RF-K	5,12	0,51	0,017
		K	5,70	0,08	
Sat Al(%)	Testigo vs Org	Testigo	4,51	1,08	0,037
		Ao S-L	2,75	0,31	
		AoL	3,12	0,63	
		AoS	3,00	1,56	
		<i>Media Org</i>	<i>2,95</i>	<i>0,83</i>	
	Testigo vs Org y RF	Testigo	4,51	1,08	0,033
		Ao S-L	2,75	0,31	
		AoL	3,12	0,63	
		AoS	3,00	1,56	
		RF	3,01	0,74	
		<i>Media</i>	<i>2,97</i>	<i>0,81</i>	
	N-RF-K vs N	N-RF-K	5,38	0,63	0,027
	N	3,35	1,56		
N-RF-K vs K	N-RF-K	5,38	0,63	0,015	
	K	3,12	1,24		
N-RF-K vs RF	N-RF-K	5,38	0,63	0,012	
	RF	3,01	0,74		
Acidez (cmol(+)/L)	N-RF-K vs N	N-RF-K	0,47	0,05	0,008
		N	0,31	0,10	
	N-RF-K vs K	N-RF-K	0,47	0,05	0,007
		K	0,30	0,08	
N-RF-K vs RF	N-RF-K	0,47	0,05	0,003	
	RF	0,28	0,06		
K (cmol(+)/L)	N,K y NK vs Org y RF	N	0,27	0,14	0,01
		K	0,84	0,13	
		NK	0,63	0,17	
		<i>Media</i>	<i>0,58</i>	<i>0,14</i>	
		Ao S-L	0,47	0,13	
	AoL	0,37	0,14		
	AoS	0,43	0,10		
	RF	0,36	0,23		
	<i>Media</i>	<i>0,40</i>	<i>0,15</i>		
N vs NK	N	0,27	0,14	0,005	
	NK	0,84	0,13		

N-RF-K vs N	N-RF-K	0,55	0,09	0,022
	N	0,27	0,14	
N-RF-K vs K	N-RF-K	0,55	0,09	0,018
	K	0,84	0,13	

4.2. Efecto de la disponibilidad de nutrientes a nivel foliar

Con relación a la concentración de nutrientes a nivel foliar, los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 10, en este podemos observar que ninguno de los tratamientos, presentó diferencias estadísticas al año de evaluación. Los valores para el nitrógeno se encuentran entre 1,83 y 2,01%, siendo los tratamientos con roca fosfórica (RF) y el testigo, los que presentaron valores más bajos y el tratamiento con potasio (K) el que presenta mayor concentraciones, al comparar estos resultados contra los de López et al. (2007). Se notó mayor concentración en los valores de este ensayo pues el autor reporta un promedio de 1,30% para este elemento; según Laínez (1982), el rango considerado como normal va desde el 2,00 al 2,15%, muy similares a los reportados por Guerrero (2012) el cual menciona valores entre 2,00 a 2,50% de N, por lo que se determina que los valores de este elemento están bajos desde el punto de vista nutricional.

Cuadro 10. Promedio de variables que definen la concentración de nutrimentos en el tejido de plantas de cacao después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Guatuso, Alajuela, Costa Rica, 2015.

Tratamiento	N	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn
	%					mg/L			
Testigo	1.83 ^a	1.47 ^a	1.28 ^a	0.42 ^a	0.05 ^a	83.0 ^a	14.00 ^a	92.33 ^a	705.67 ^a
N	1.96 ^a	1.31 ^a	1.34 ^a	0.45 ^a	0.04 ^a	65.0 ^a	13.67 ^a	88.00 ^a	791.33 ^a
K	2.01 ^a	1.74 ^a	1.09 ^a	0.53 ^a	0.06 ^a	72.7 ^a	16.67 ^a	82.00 ^a	846.33 ^a
RF	1.83 ^a	1.54 ^a	1.17 ^a	0.62 ^a	0.06 ^a	72.3 ^a	15.67 ^a	89.00 ^a	920.67 ^a
N-K	1.86 ^a	1.58 ^a	1.19 ^a	0.62 ^a	0.06 ^a	69.3 ^a	14.67 ^a	94.33 ^a	893.00 ^a
N-RF-K	1.85 ^a	1.41 ^a	1.41 ^a	0.53 ^a	0.05 ^a	65.3 ^a	11.67 ^a	97.33 ^a	829.00 ^a
AoL	1.87 ^a	1.55 ^a	1.18 ^a	0.49 ^a	0.05 ^a	84.7 ^a	14.67 ^a	77.67 ^a	741.00 ^a
AoS	1.90 ^a	1.32 ^a	1.26 ^a	0.63 ^a	0.06 ^a	62.7 ^a	13.00 ^a	79.67 ^a	907.67 ^a
Ao S-L	1.97 ^a	1.52 ^a	1.15 ^a	0.54 ^a	0.06 ^a	71.7 ^a	15.33 ^a	76.67 ^a	762.67 ^a
Promedio	1.90	1.49	1.23	0.54	0.05	71.85	14.37	86.33	821.93
CV (%)	3.49	9.01	8.33	14.11	11.32	10.66	10.40	8.81	9.36

Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

El fósforo presentó valores muy bajos en los tratamientos, incluyendo aquellos que los que contienen la roca fosfórica como fuente de fósforo, su promedio general es de apenas 0.05%, cuando el rango normal se encuentra entre 0.13 y 0.25% según Guerrero (2012). Esta baja disponibilidad en la planta se atribuye a la alta deficiencia que presentan los suelos del trópico a este elemento, además de la gran cantidad de reacciones que sufre este, cuando es aplicado en fórmulas químicas, pues dependiendo de la fuente y el pH, el fósforo podrá retenerse o adsorberse (Méndez y Bertsch, 2012). Los mismos autores mencionan que la solubilidad máxima del nutriente se encuentra en un ámbito de pH entre 5,5 y 6,5; por lo que si se compara estos valores con los resultados de este parámetro previo y post-fertilización, notamos que se encuentran por debajo del rango de solubilidad (Mendez y Bertsch, 2012). Pese a estos niveles bajos, no se observó síntomas de deficiencia por este elemento en la plantación.

Los valores de potasio se encuentran en un rango de 1,31 y 1,74%, siendo el tratamiento con nitrógeno (N) el que posee menor valor y el tratamiento con potasio (K) el que presentó mayor contenido. Se observó que el tratamiento con K fue el que presentó el valor más alto en este elemento en el suelo, presentando diferencias significativas, aunque a nivel foliar no manifiesta diferencias significativas, es el valor más alto. Los resultados obtenidos para este elemento se encuentran dentro del rango óptimo según Guerrero (2012).

El calcio y el magnesio se encontraron muy por encima del valor reportado por Guerrero (2012), el contenido de estos elementos en el suelo fue catalogado como medio. En estos dos elementos existe selectividad catiónica en los suelos, que les permite estar más disponibles para las plantas. Sadeghian (2012), reportó selectividades en diferentes suelos cafetaleros en Colombia, donde la mayoría de

suelos evaluados presentaron mayor afinidad en los sitios de intercambio catiónico por el calcio, seguido del magnesio y el potasio.

Los contrastes evaluados en el comportamiento de la concentración de nutrientes a nivel foliar arrojaron los mismos resultados (Cuadro 11) que con el análisis de varianza, no hubo diferencias estadísticas, en ninguna variable.

Cuadro 11. Valores de p-valor, para determinar diferencias significativas entre los contrastes polinomiales de las variables que determinan el nivel de nutrientes en el tejido de las plantas, después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Guatuso, Alajuela, Costa Rica, 2015

Contraste.	N-Total	P	K %	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
AoS vs AoL	0,77	0,15	0,52	0,66	0,18	0,08	0,18	0,88	0,65
Testigo vs Todos	0,21	0,34	0,66	0,71	0,15	0,41	0,25	0,31	0,74
Testigo vs Org	0,22	0,34	0,77	0,58	0,17	0,61	0,46	0,79	0,78
Testigo vs Inorg	0,25	0,37	0,62	0,81	0,17	0,33	0,19	0,16	0,74
Org vs Inorg	0,82	0,88	0,78	0,61	0,94	0,51	0,41	0,10	0,94
Testigo vs Org y RF	0,30	0,32	0,71	0,54	0,11	0,59	0,29	0,60	0,69
N,K y NK vs Org y RF	0,38	0,82	0,75	0,85	0,47	0,55	0,87	0,32	0,87
N vs NK	0,34	0,25	0,43	0,35	0,11	0,72	0,41	0,64	0,79
K vs NK	0,15	0,56	0,66	0,55	0,37	0,78	0,70	0,37	0,59
N-RF-K vs N	0,29	0,38	0,77	0,69	0,46	0,98	0,76	0,50	0,59
N-RF-K vs K	0,12	0,38	0,35	0,06	1,00	0,54	0,89	0,27	0,19
N-RF-K vs RF	0,87	0,77	0,71	0,16	0,34	0,56	0,46	0,54	0,29

AoS: Abono orgánico sólido, AoL: Abono orgánico líquido, Org: Abono orgánico líquido y sólido y sus combinaciones, Inorg: Nitrógeno, Fósforo y Potasio y todas sus combinaciones

4.3. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento productivo del cultivo.

Las variables evaluadas para determinar el rendimiento se resumen en el cuadro 12, el número de frutos cosechados por árbol por año (NFAA) varió entre 22 para el tratamiento con nitrógeno-potasio (NK) y 38 para el testigo absoluto, con un promedio general de 30 frutos por árbol por año, según el MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR 2011), el número de frutos para considerar un árbol como buen productor se encuentra en el rango de 30 a 40 frutos, por lo que se considera este rendimiento como bueno, estos resultados están por encima de los obtenidos por Bonilla *et al* (2014), quienes reportaron una producción máxima de 7,55 frutos por árbol por año y con un pico máximo al tercer año de evaluación de 17 frutos por árbol por año, con una distancia de siembra 3 * 2 metros con diseño rectangular; para un estimado de plantas por hectárea de 1 666 para el mismo clon evaluado; Pese a este indicador, la aplicación de los tratamientos no produjo diferencias significativas en frutos entre ellos y respecto al testigo. Contrario a los resultados que logró obtener Pinargote (2015) cuando evaluó el clon CCN51, este reportó un promedio de 64 frutos por árbol por año, con una fertilización de 150 gramos por árbol con un fertilizante de fórmula completa cuyas concentraciones fueron de 12% de nitrógeno, 7% de fósforo y 23% de potasio y una densidad de 1111 árboles por hectárea.

El tratamiento con potasio (K) presentó el mayor de los pesos en los frutos con 513.66 gramos, mientras que el tratamiento abono orgánico sólido y líquido (AoS-L) promedió un peso de 472,10 gramos, esta variable no presentó diferencias significativas en ninguno de los tratamientos aplicados. Al comparar este peso con el reportado por Phillips *et al* (2014), se puede constatar que se encuentra en rango aceptable, pues en los ensayos realizados por estos autores, se reporta un peso fresco de fruto de 566,1 gramos. Se observa que el tratamiento con mayor peso fue el tratamiento que muestra diferencia significativa en contenido de potasio en el suelo, es posible que este elemento interviene con el transporte de solutos que le

confieren el peso a los frutos como lo indican Kan, Kafkafi (2002) y Moreno (2007), además López *et al* (2015) confirma que el elemento potasio es el que más absorbe el árbol seguido del nitrógeno, calcio y el magnesio.

El promedio del peso húmedo de los granos contenidos en un fruto (PHG/F) fue de 123,84 gramos, el tratamiento con potasio (K) presentó el mayor peso en esta variable con 139,11 gramos mientras que el tratamiento con nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K), tuvo el menor de los pesos con 117,77 gramos, estas diferencias no son significativamente considerables, por lo que ningún tratamiento causó efecto sobre esta variable, no obstante los valores se encuentran en un rango aceptable, pues al comparar el promedio general del ensayo, con el reportado por Phillips *et al* (2014) para el clon Catie-R6, que fue de 127,2 gramos notamos similitud entre estos.

En cuanto al número de granos por fruto (N°G/F) se determinó que en promedio, estos contenían 33 granos por unidad, siendo el tratamiento con nitrógeno (N), al que mayor cantidad de granos se le lograron extraer 37, y el tratamiento nitrógeno-potasio (NK) al que menos granos se le contabilizaron por fruto 28. Phillips *et al* (2014) logró contabilizar 31 semillas para el mismo clon CATIE-R6 en su evaluación, por lo que los valores obtenidos en este ensayo concuerdan con este autor; al realizar el análisis de varianza se determinó que ninguno de los tratamientos aplicados tuvo un efecto sobre esta variable.

El índice de grano requerido por la industria nacional es de un gramo por semilla seca (Phillips *et al*, 2014), se puede observar en el cuadro 11 que los valores de todos los tratamientos superan este índice, aunque estos valores no presenten diferencias significativas se logró determinar que la parcela donde se realizó el ensayo, posee un muy buen rendimiento en cuanto el peso seco de la semilla. Los valores más altos los reportan los tratamientos nitrógeno-potasio (NK) y el abono orgánico sólido (AoS) con índices de 1,49 y 1,30 respectivamente. Estos valores fueron más altos que los reportados por Bonilla *et al* (2014), donde al evaluar el mismo material en la localidad de Chiapas (México), obtuvo valores entre 1,18 y

1,29 para Arciniegas (2005) y Sanchez *et al* (2014) los genotipos de cacao que presenten índices de grano superior a 1 son considerados de interés filogenético e industrial.

El rendimiento promedio de granos secos por hectárea por año (GS/ha/año) que se obtuvo en esta evaluación fue de 1322,03 kilogramos. El tratamiento aplicado con el abono orgánico líquido (AoL) fue el que reportó menor rendimiento con apenas 972,9 kilogramos, mientras que el testigo reportó el mayor rendimiento de todos los tratamientos, con 1783,5 kilogramos, se considera que la cantidad de frutos por árbol por año tiene influencia en esta variable, pues los otros tratamientos que contenían fertilizante, obtuvieron medias más altas en todas las variables excepto en el número de frutos por árbol por año. Bonilla *et al* (2014), menciona que en su evaluación agronómica de híbridos de cacao, seleccionó 4 tratamientos cuyo rendimiento oscila desde los 825,6 hasta los 1167,53 kilogramos de semilla seca por hectárea, estos tratamientos comparten el mismo origen genealógico (UF 273 * PA 169) que el clon evaluado en el presente trabajo, al compararlos se observa una diferencia mayor que la obtenida por Badilla, sin embargo este incremento en la producción del grano no se puede atribuir al efecto causado por los fertilizantes, pues en su respectivo análisis de varianza, no se mostraron diferencias significativas. Sanchez *et al* (2014) menciona que la el número de frutos sanos por planta no es el mejor indicador productivo para seleccionar árboles, pues a pesar de que es un componente importante, el peso de los granos es el que interesa más al productor, alcanzado en este experimento con el tratamiento que contenía el elemento K.

El incremento promedio en la circunferencia del tallo, fue 2,28 cm, el tratamiento con nitrógeno y potasio (NK) presentó mayor incremento con 2,86 cm mientras que el tratamiento con nitrógeno (N), fue el que presentó un incremento menor de 1,3 cm estos valores no son significativos. Orozco y Thienhaus (1997) reporta crecimientos de 6,8 a 8,6 cm en un año de evaluación, pero para arboles muy jóvenes con un promedio edad de 20 meses; mientras que Phillips *et al* (2012),

reporta incrementos de 3,74 cm por año para el clon CATIE-R6 para arboles con 14 años de edad.

Cuadro 12. Efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables de respuesta de producción. Katira, Guatuso, Alajuela, Costa Rica. Agosto de 2016.

Tratamiento	N°.F.A.A	P.F (g)	P.H.G/F (g)	N°.G/F	I.G.	G.S/Ha/A (kg)	I.C.T
Testigo	38,25 ^a	509,08 ^a	130,33 ^a	35,04 ^a	1,20 ^a	1783,5 ^a	2,65 ^a
N	26,25 ^a	489,53 ^a	122,54 ^a	37,28 ^a	1,17 ^a	1165,8 ^a	1,73 ^a
K	33,42 ^a	513,66 ^a	139,11 ^a	31,18 ^a	1,16 ^a	1470,1 ^a	2,01 ^a
RF	30,25 ^a	498,21 ^a	123,52 ^a	34,66 ^a	1,19 ^a	1368,4 ^a	2,67 ^a
N-K	21,92 ^a	489,31 ^a	119,32 ^a	28,69 ^a	1,49 ^a	978,3 ^a	2,86 ^a
N-RF-K	33,08 ^a	485,60 ^a	117,77 ^a	33,88 ^a	1,19 ^a	1393,9 ^a	2,78 ^a
AoL	24,58 ^a	482,77 ^a	118,84 ^a	32,67 ^a	1,25 ^a	972,9 ^a	1,77 ^a
AoS	30,75 ^a	480,34 ^a	118,73 ^a	34,35 ^a	1,30 ^a	1311,7 ^a	2,25 ^a
Ao S-L	31,75 ^a	472,01 ^a	124,42 ^a	32,75 ^a	1,22 ^a	1453,7 ^a	1,78 ^a
Promedio	30,03	491,17	123,84	33,39	1,24	1322,03	2,28
CV (%)	16,72	2,76	5,61	7,37	8,33	19,36	20,66

Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). NFAA: Numero de frutos árbol año, PF (g): Peso por fruto, P.H.G.F.: Peso húmedo de granos por fruto, N°G/F: Número de granos por fruto, I.G.: Índice de Grano, G.S/Ha/A: Grano seco por hectárea por año (kg), I.C.T Incremento en la circunferencia del tallo (cm).

El efecto de la fertilización sobre las variables evaluadas, no produjo la respuesta esperada, se cree que este efecto radica en dos razones principales, una de ellas es el alto nivel nutricional que compone el suelo donde se realizó la evaluación, como se pudo evidenciar en el apartado de los “efectos de la disponibilidad de nutrientes en el suelo y a nivel foliar”, la categorización en la cual se incluyó al suelo según los parámetros establecidos por Cubero (2001) y Mendez y Bertsch (2012) fue de un suelo con fertilidad alta, unido a esto, las plantaciones de cacao promueven un reciclaje constante de nutrientes al suelo, ya que el aporte de materia orgánica proveniente de las hojas y restos de cosecha, son constantes. El otro factor que se considera influyente es el efecto de sombra que proyectan los arboles destinados para este fin. Según Uribe, et al. (1998), ensayos realizados por Pinto (1962) y Murria (1982) en Brasil, la fertilización realizada a plantaciones con sombra solo produce pequeños incrementos, en comparación con los altos

rendimientos que producen las plantaciones fertilizadas sin sombra, atribuyen a que la fotosíntesis es más intensa en plantaciones bajo manejo sin sombra. Enríquez (1985) expone lo mencionado por Hardy (1961) y Aguilera (1978) donde mencionan que el cultivo con sombra demanda menos cantidad de nutrientes, debido a las bajas cantidades de los productos de la fotosíntesis, es por tal razón que cultivos de cacao con sombra intensa, reportan menores rendimientos y la aplicación de fertilizantes no generan una respuesta esperada.

Al enfrentar los tratamientos de nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) y potasio (K), se evidenció que este último incrementó el peso fresco de la semilla, más que el primer tratamiento, también se observó que el tratamiento con nitrógeno (N) presentó mayor media en la variable de número de semillas por fruto que la combinación del nitrógeno con el potasio (NK) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de medias de los tratamientos contrastados que presentaron diferencias significativas según las variables de rendimiento productivo del cultivo, después de haberse completado la aplicación en el año de sus respectivos fertilizantes. Katira, Guatuso, Alajuela, Costa Rica, 2016.

Variable	Contraste	Tratamiento	Media	Desviación	p-valor
Peso Fresco semilla (g)	N-RF-K vs K	N-RF-K	117,77	7,36	0,046
		K	139,11	28,36	
N°Semilla/Fruto	N vs NK	N	37,28	1,23	0,038
		NK	28,69	9,32	

4.4. Análisis microbiológico del suelo.

Cerda (2008), menciona que para determinar la calidad de un suelo es necesario contar con análisis químicos, físicos y biológicos, estos últimos deben hacerse con mayor regularidad, pues los indicadores biológicos son menos estables que los químicos o físicos y al ser más dinámicos en el suelo, pueden fácilmente identificar cambios en este recurso. El cuadro 14 presenta el nivel de pH del suelo y la población de microorganismos presentes en cada tratamiento, el promedio general del pH (5,85) presenta condiciones óptimas para que se puedan desarrollar las bacterias, hongos y actinomicetos (Ramos, 2011 y Sánchez *et al.*, 2007).

Cuadro 14. Población de microorganismos (UFC/g) en suelo húmedo. Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Marzo de 2016.

Tratamiento	pH	Hongos	Bacterias		Actinomyces	Levaduras
			Aeróbicas	Anaeróbicas		
Testigo	6,10	NSD <i>1,66x10³ Penicillium sp.</i>	3,33 x 10 ²	4,99 x 10³	4,99 x 10 ³	1,08 x 10 ⁵
N	5,73	<i>1,83 x 10³ Myrothecium sp.</i>	6,66 x 10 ²	1,66 x 10 ³	2,49 x 10⁴	1,08 x 10 ⁵
K	5,90	NSD	1,65 x 10 ³	4,99 x 10³	3,33 x 10 ²	8,32 x 10 ³
RF	5,73	NSD	1,66 x 10 ²	1,66 x 10 ³	2,49 x 10⁴	1,58 x 10 ⁵
N-K	6,03	NSD	8,32 x 10 ³	6,6 x 10 ²	1,66 x 10 ³	4,62 x 10 ⁴
N-RF-K	5,55	NSD	4,99 x 10 ³	3,33 x 10 ²	1,83 x 10 ⁴	4,16 x 10 ⁴
AoL	5,83	<i>1,66 x 10³ Penicillium sp.</i> <i>2,49 x 10⁴ Penicillium sp.</i>	2,66 x 10 ³	3,33 x 10 ²	1,66 x 10 ³	5,16 x 10 ⁴
AoS	5,86	<i>1,83 x 10³ Penicillium sp.</i> <i>1,66 x 10³ Penicillium sp.</i>	9,99 x 10 ³	3,33 x 10 ²	4,99 x 10 ³	1,49 x 10 ⁴
AoS-L	5,93	<i>2,49 x 10⁴ Aspergillus sp.</i>	1,49x 10⁴	3,33 x 10 ²	4,99 x 10 ³	4,57 x 10⁵

UFC/g: unidad formadora de colonias en gramos, NSD: No se determinaron.

El hongo con mayor presencia fue el *Penicillium sp* (Cuadro 6), según Sánchez *et al.* (2007), la dominancia de un género o grupos de estos en el suelo, depende de la cubierta vegetal pues ciertos hongos están asociados con plantaciones específicas. Urdaneta y Delgado (2007) reportan la presencia de este hongo como agente antagónico en hojas, frutos y ramas afectadas por hongos patógenos y recomienda el estudio de este para posibles controles biológicos de los agentes causales de las enfermedades más comunes en el cultivo, mientras que Ortiz (2010) encontró una baja diversidad y abundancia de hongos en la evaluación de suelos cacaoteros, y expone como mayor abundancia al género *Verticillium sp* con $1,5 \times 10$ UFC/g,

En cuanto al conteo de bacterias aeróbicas, el tratamiento abono orgánico sólido-liquido (Ao S-L) fue el que presentó mayor unidades formadoras de colonias por gramo de suelo, $1,49 \times 10^4$, un valor considerado bajo, las bacterias son los microorganismos más numerosos y oscilan en un rango de 10^7 y 10^8 (Sagardoy y Mandolesi, 2004) y a lo reportado por Ortiz (2010), $3,1 \times 10^4$, este autor y Akpor *et al* (2006), mencionan que las unidades formadoras de colonias para las bacterias, se ven limitadas por el pH bajo $< 4,0$ y la composición del material vegetal del suelo.

El conteo de actinomicetos (rango de $1,66 \times 10^3$ y $2,49 \times 10^4$), se considera bajo, en comparación con los resultados obtenidos por Ortiz (2010) y Arguello y Moreno (2014) estos autores reportan valores máximos de $3,4 \times 10^4$ y de 23×10^5 UFC/g. Según Ortiz (2010), las hojas de cacao contienen taninos los cuales son moléculas anti-microbianas las cuales después de haber caído al suelo, les confiere un grado de resistencia a la degradación por actinomicetos pues su principal método de degradación es celulítica.

Según Rojo y Urbano (1992) los rangos que se catalogan como normales en suelos agrícolas, para hongos, bacterias y actinomicetos corresponden al orden de 10^4 , 10^6 y 10^5 por cada gramo de suelo respectivamente, al comparar estas unidades formadoras con los resultados del análisis, se nota una similitud con los rangos propuestos por los autores.

4.5. Comparación de fotosíntesis y radiación.

Al comparar las mediciones de fotosíntesis (P_n) y la radiación fotosintéticamente activa (PAR) se encontró que la mayoría de datos se concentraron en las radiaciones comprendidas entre los valores de 0 y 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ y los valores de la fotosíntesis (P_n) oscilaron entre 0.05 a 8,26 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Durante la medición se notó que al incrementar los niveles de radiación (> a 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) los valores de fotosíntesis disminuían considerablemente, estos resultados y la tendencia mostrada en las medición, fueron comparados con los obtenidos por Lozano (2014), quien evaluó plantas de cacao en viveros y al año de trasplante bajo condiciones de sombra controlada (con maya) en la zona de Tolima (Colombia) , este autor reporta valores de radiación fotosintéticamente activa (PAR) entre 0 y 283 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, y de un máximo de fotosíntesis de 4,8 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Pese a que son plantas con diferencias fisiológicas distintas, podemos observar un comportamiento similar en el rango de radiación y fotosíntesis.

Diferentes autores como Balasimha *et al*, (1991), Raja y Hardwick (1987), Barrera (2006) y Vespa (2008) expuestos por Jaimez, *et al* (2008), mencionan que las plantas de cacao se saturan a una radiación fotosintéticamente activa (PAR) de entre 400 y 600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ con valores de fotosíntesis (PN) comprendidos en 6 a 7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, esto demuestra por que la planta de cacao es considerada como una especie que requiere sombra tanto en su etapa de crecimiento como de producción.

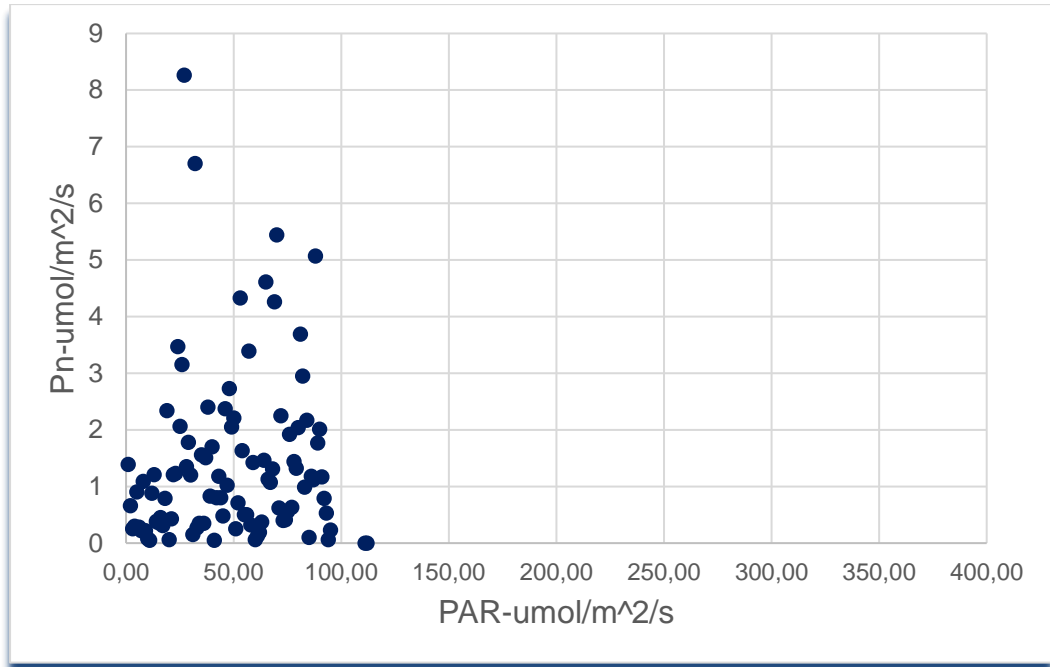


Figura 6. Medición de fotosíntesis (Pn) y radiación fotosintéticamente activa (PAR) para los diferentes tratamientos, cada valor es una lectura realizada entre las 09:00 am a 2:00 pm. Katira, Guatuso, Costa Rica. Abril de 2016.

5. CONCLUSIONES

El suelo donde se realizó el ensayo se considera como de alta fertilidad y con bajos contenidos de fósforo, la razón de su alta fertilidad, radica en la cantidad de materia orgánica que aporta el cultivo, esto promueve la dinámica de los microorganismos del suelo que favorece la degradación, descomposición y posterior disponibilidad de elementos nutritivos para los arboles de cacao.

No se evidenció efecto de los tratamientos sobre las variables de pH, porcentaje de saturación de acidez, materia orgánica, carbón orgánico, sumatoria de bases, ni en la concentración de los elementos calcio, magnesio y fósforo.

La acidez intercambiable fue mayor en el tratamiento nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K), que en el tratamiento con roca fosfórica (RF).

El tratamiento con potasio (K), produjo concentraciones más altas de potasio en el suelo y en las hojas que la de los tratamientos con nitrógeno (N) y roca fosfórica (RF).

En cuanto a los contrastes entre tratamientos, se determinó que el tratamiento con potasio (K) presentó niveles más altos de pH que el tratamiento con nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K).

El porcentaje de saturación de acidez es menor cuando se agrega abono orgánico (AoS, AoL, AoS-L) y roca fosfórica (RF) que cuando no se agrega ninguno de ellos. Este porcentaje también es menor cuando se agregan los elementos por separado como los tratamientos nitrógeno (N), roca fosfórica (RF) y potasio (K), que al mezclar todos en un solo tratamiento (N-RF-K) el mismo comportamiento sucede con la acidez intercambiable.

La concentración de potasio en el suelo fue mayor en los tratamientos inorgánicos (N, K y NK) que en los tratamientos orgánicos (AoS, AoL, AoS-L) y roca fosfórica (RF), al contrastar los tratamientos (N vs NK) se logra evidenciar que es el tratamiento con potasio quien incrementa los niveles de este elemento en el suelo, este efecto se confirma al enfrentar el tratamiento nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) y potasio (K), pues este último tratamiento, presentó niveles en el suelo mayores que su contrastante.

No se evidenció efecto de los tratamientos sobre el nivel nutricional de las hojas de los árboles de cacao, aunque el nivel de K y N fue mayor en el tratamiento con el elemento K. Este tratamiento aunque no produjo el mayor número de fruto ni de semillas por fruto, si fue el de mayor peso por fruto y del peso húmedo de semillas por fruto.

Los análisis foliares evidenciaron deficiencia del elemento fósforo en todos los tratamientos evaluados.

Se obtuvo en promedio de 1322,03 kilogramos de granos secos por hectárea por año pese a este buen rendimiento no hubo ningún efecto de los tratamientos sobre los componentes de rendimiento analizados en este ensayo.

Al enfrentar tratamientos, se evidenció que el tratamiento con potasio promovió el aumento del peso fresco de las semillas en comparación con el tratamiento nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) y que el tratamiento con nitrógeno (N), contabilizó más cantidad de semillas por fruto que los tratamientos con nitrógeno y potasio (NK), y (N-RF-K)

6. RECOMENDACIONES

A pesar que se hizo un análisis de los microorganismos del suelo, en futuros ensayos de fertilización de cacao, se deben contemplar dentro de los objetivos un análisis de este tipo, especificando los del genero *Glomales*, los cuales establecen relaciones simbióticas mutualistas con las raíces del cacao.

Pese a que los rendimientos de grano son buenos, existe una sospecha de que no se pudo evaluar el verdadero potencial productivo del clon, debido a variables como el nivel de sombra en el cacaotal y el efecto de los polinizadores y su relación con la falta de lluvias, se considera que estas variables están ligadas a la producción de frutos y por lo tanto deben evaluarse en futuros ensayos de fertilización.

Se recomienda realizar investigación sobre las respuestas fisiológicas tales como la radiación fotosintéticamente activa, fotosíntesis neta, conductancia estomática, transpiración y florecencia por clorofila del cacao en etapas de plena producción (4 años dds).

A pesar de que los niveles de fertilidad son altos y los rendimientos de granos secos por hectárea por año son buenos, se debe continuar con las evaluaciones de campo, para evidenciar el efecto de los tratamientos a largo plazo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Arciniegas, A. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao, L*) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. Tesis Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (en línea). Consultado el 28 de octubre de 2016. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4571/Caracterizacion_de_arboles_superiores_de_cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arguello, A. Moreno, L. 2014. Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias diazotóricas aisladas de suelos con cultivo de cacao (*Theobroma cacao L*). Colombia. (en línea). Consultado el 30 de octubre de 2016. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1699/169931322006.pdf>
- Bonilla, J. Zamarripa, A. Pecina, V. Garrido, E. Hernandez, E. 2014. Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao L*) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a la moniliasis. (en línea). Mexico. Consultado del 23 de octubre de 2016. Disponible en: http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2771&catid=245:vol-6-no-1
- Batista, L. 2009. El Cultivo de cacao, guía técnica. República Dominicana. Centro para el desarrollo agropecuario forestal (en línea). Consultado el 16 de junio de 2016. Disponible en: <http://docplayer.es/1149300-Guia-tecnica-el-cultivo-de-cacao-autor.html>
- Cerda, R. 2008. Calidad de los suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*), en el valle de Talamanca, Costa Rica. CATIE. (en línea). Consultado el 30 de Octubre de 2016. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1822E/A1822E.PDF>
- Canacacao (Asociación Cámara Nacional de Cacao fino de Costa Rica). 2008. Cacao de Costa Rica. (en línea). Costa Rica. Consultado el. 19 de julio de 2015. Disponible en: <http://www.canacacao.org/estadisticas/nacionales/>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2015. Programa de Mejoramiento Genético de Cacao. (en línea). Costa Rica. Consultado el. 19 de julio de 2015. Disponible en: <http://catie.ac.cr/es/consultoria-y-servicios-de-alto-nivel/mejoramiento-genetico/programa-mejoramiento-genetico-del-cacao/142-productos-y-servicios/mejoramiento-genetico-del-cacao>.

- Compañía Nacional de Chocolates. 2012. El cultivo de cacao paquete tecnológico. (en línea). Colombia. Consultado el 10 de Febrero de 2016. Disponible en: https://chocolates.com.co/sites/default/files/default_images/paquete_tecnologico_cacao_cnch_enero_2012.pdf
- Concha, J. 1987. Seminario perspectiva de producción de coco y cacao. Panamá. IICA. Consultado el 10 de Febrero de 2016. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=r8EqAAAAYAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Cubero, D. 2001. Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de las tierras. (en línea). Costa Rica. Consultado el 16 de junio de 2016. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/Paginas/Default.aspx>
- Dostert, N. Roque, J. Cano, A. La Torre, M. Weigend, M. 2011. Hoja botánica: Cacao. (en línea). Perú. Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. Consultado el 19 de Julio de 2015. Disponible en http://www.botconsult.de/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf
- Furcal, P. 2015. Extracción de nutrientes esenciales en frutos de clones de cacao en producción en dos regiones en Costa Rica. Vicerrectoría de Investigación y Extensión, Dirección de Proyectos Escuela de Agronomía. (correo electrónico). Alajuela. CR. (email: pfurcal@itcr.ac.cr)
- Fuster, M. 2014. Producción de plantas y tepes en vivero. Bubok. Consultado el 09/10/2016. Disponible en <https://books.google.co.cr>
- Guerrero, J. 2012. Análisis de suelo y fertilización del cacao. UNALM. Perú
- Hardy F. 1960. Cultivo del cacao. IICA. Turrialba, Costa Rica. pp.18-20, 79-80, 211, 229-230.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2006. Protocolo de estandarizado de oferta tecnológica para el cultivo del cacao en el Perú. Perú. IICA. Consultado el 19 de Julio de 2015. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=04vdcOOwJA8C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria. 2010. Guía tecnológica del cultivo de cacao.(en línea). Ed. No 4. Pag. 3-35. Consultado 10 de Febrero de 2016 Disponible en http://www.canacacao.org/uploads/smartsection/19_Gui_cacao_INTA_Nicaragua_2010.pdf

- IPNI (International plant nutrition Institute).2007. Deficiencias nutricionales y fertilización del cacao. Northern Latin America. Revisado el 19 de noviembre de 2015, en: www.ipni.net/.../article=8ABD1B7805256B68005548E99546FF67.
- Jaimez, R. Tezara, W. Coronel, I. Urich, R. 2008. Eco-fisiología del cacao (*Theobroma cacao L*) su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su manejo en Venezuela. (en línea) Revista Forestal Venezolana 52 (2) 253-258. Consultado el. 10 de noviembre de 2016. Disponible en http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30291/1/nota_tecnica2.pdf.
- Kass, D. 1996. Fertilidad de Suelos. Editorial EUNED, San José, Costa Rica. 272 p.
- Kan, S. Kafkafi, U. 2000. Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. (en línea). International Potash institute Annual Conference Sesión 5 potasio en plantas y animales. 263-279. Consultado el 14 de noviembre de 2016. Disponible en <http://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20V.pdf>.
- Laínez, J. 1982. Aplicación del diagnóstico foliar en la evaluación de la condición nutricional del plantaciones comerciales de café y cacao en el litoral ecuatoriano. INIAP. (en línea). Consultado el 16 de Octubre de 2016. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1574/1/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico%20N%C2%BA%2049.pdf>
- León, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales Perú. IICA Biblioteca Venezuela. Consultado el 19 de Julio de 2015. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=gJiVVbk-vWMC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- León , J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3a ed. Costa Rica. Agroamérica. Consultado el 19 de Julio de 2015. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=NBtu79LJ4h4C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- López, O. Ramirez, I. Espinoza, S. Moreno, J. Ruiz, C. Villareal, J. Rojas, J. 2015. Manejo agroecológico de la nutrición en el cultivo del cacao. México. UNACH.
- López, M. López, I. España, M. Izquierdo, A. Herrera, L. 2007. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo,

nivel nutricional de la planta y hongos micorrizicos arbunculares en plantaciones de *Theobroma cacao* L. Agronomía Tropical. Venezuela.

Lozano, J. 2014. Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico. Universidad Nacional de Colombia. (en línea). Consultado el 10 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/46575/1/07797033.2014.pdf>

MacLeod, P. 1996. Auge y estancamiento de la producción de cacao en Costa Rica 1660-1695. (en línea). Anuario de Estudios Centroamericanos. Vol. 22. No. 1. Pág 83-107. Consultado 19 de Julio de 2015 Disponible en <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/viewFile/3155/3062>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR), 2011. Desarrollo cacaotero y diversificación productiva en Talamanca. (en línea). Consultado el 07 de noviembre de 2015. Disponible en http://www.mag.go.cr/acerca_del_mag/programas/sixaola-proy02-CR-Cacao.pdf

Martínez, W. 2007. Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y de selecciones élite del Alto Beni, Bolivia. (en línea). Consultado el 19 de Julio de 2015. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A1666E/A1666E.PDF>

Mendez, J. Bertsch, F. 2012. Guía para la interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica. ACCS. 118 p.

Mendoza, C. 2013. El cultivo de cacao, opción rentable para la selva. Perú. DESCO. 48 pp.

Mejía, L. Palencia, G. 2000. Manejo integrado del cultivo de cacao. Colombia. CORPOICA. (en línea). Consultado el 29 de setiembre de 2016. Disponible en: http://agropecuaria-primotc.hosted.exlibrisgroup.com/primotc_library/libweb/action/dlSearch.do?institution=57BAC&vid=BAC&query=any%2Ccontains%2CManejo+Integrado+del+cultivo+de+cacao&search_scope=bac_completo&queryTemp=Manejo+Integrado+del+cultivo+de+cacao.

Mestre, M. Libkind, D. Fontenla, S. 2009. Comparación de condiciones de cultivo para el aislamiento y recuento simultáneo de levaduras de suelos de bosques nativos de *Nothofagus* spp. (Fagaceae) de la Patagonia Argentina. (en línea). Boletín de la sociedad Argentina de Botánica. v.44 n.3-4. Consultado el 30 de octubre de 2016. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722009000200001

- Mills, H. Benton, J. 1996. Plant Analysis Handbook II. Ball Publishing .Grecia. (en línea). Consultado el 30 de setiembre de 2016. Disponible en <https://books.google.co.cr>
- Moreno, A. 2007. Elementos nutritivos: asimilación, funciones, toxicidad, e indisponibilidad en suelos. Librosenred. (en línea). Consultado el 14 de noviembre de 2016. Disponible en <https://books.google.co.cr>
- Munéra, G. Meza, D. SF. El fósforo, elemento indispensable para la vida vegetal. Colombia. (en línea). Consultado el 16 de junio de 2016. Disponible en <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/5248>
- Núñez, J. 1981. Fundamentos de edafología. (en línea). Editorial UNED. 1:(1) 121-123. Consultado el: 28 de octubre de 2016. Disponible en: <https://books.google.co.cr>
- Otiniano, A. Meneses, L. Blás, R. Bello, S. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. (en línea). IDESIA. 24 (1): 49-61. Consultado el 28 de octubre de 2016. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009
- Orozco, M. Thienhaus, S. 1997. Efecto de la gallinaza en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L*) en desarrollo. Nicaragua. Universidad Agraria Managua, Nicaragua. (en línea). Consultado el 10 de octubre de 2016. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v08n01_081.pdf
- Ortiz, M. 2010. Evaluación preliminar de la abundancia de hongos lignolíticos cultivables y su actividad peroxidasa, obtenidos a partir de suelos con diferentes usos agrícolas en zona rural de Villavicencio. Universidad de los Llanos. (en línea). Consultado el 28 de octubre de 2016. Disponible en: <http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/rt/printerFriendly/104/541>
- Pérez, E. 2006. Generalidades del cacao (*Theobroma cacao L*), usos y aplicaciones en la industria alimentaria. México. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Consultado el 19 de Julio de 2015. Disponible en <http://uaaan.dspace.escire.net/bitstream/handle/123456789/347/59020s.pdf?sequence=1>
- Phillips M, W; Arciniegas L, A; Mata Q, A; Motamayor A, JC. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembra comerciales. Programa Agroambiental Mesoamericano. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 68p.

- Pinargote, M. 2015. Comportamiento productivo de cacao CCN51 antes diferentes formulaciones de fertilización. Ecuador. UTEQ.
- PROAMAZONA (Programa para el desarrollo de la Amazona). 2004. "Manual del cultivo de cacao". Ministerio de Agricultura, Perú. P 11, 46.
- Puentes, Y.; Menjivar, J. Aranzazu, F. 2014. Eficiencias en el uso de NPK en Clones de Cacao. Colombia. Bioagro.
- Ramos, J. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales (6 Los microorganismos del suelo). México. Centro de Investigaciones de Geografía Ambiental. UNAM. (en línea), Consultado el 30 de octubre de 2016. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/429/organismos.pdf>
- Rojo, C. Urbano, P. 1992. Condiciones de suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Madrid. España. Ediciones Mundi-Prensa. p. 471-495
- Rondón, J. y Cumana, L. 2005. Revisión taxonómica del género *Theobroma* (sterculiaceae) en Venezuela. (en línea). Acta botánica Venezuela. Vol. 28. No. 1. Pág 113-133. Consultado 19 de Julio de 2015 Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/862/86228107.pdf>
- Sadeghian, S. 2012. Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio, y potasio, intercambiables, en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición en café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almacigo.
- Sagardoy, M. Mandolesi, M. 2004. Biología del suelo guía de estudio. Argentina. EDIUNS. (en línea). Consultado el 30 de octubre de 2016. Disponible en: <https://books.google.co.cr/books>.
- Sanchez, J. Dubón, A. Suárez, A. 2002. Respuesta del cacao (*Theobroma cacao*) a la fertilización química y orgánica en la zona de La Masica, Atlántida. CAC98-01.Honduras. FHIA.
- Sanchez, F. Zambrano, J. Vera, J. Ramos, R. Garcés, F. Vásconez, G. Productividad de Clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de los ríos, Ecuador.
- Thompson, L. Troeth, F. 1988. Los suelos y su fertilidad. España. Editorial Reverté. (en línea). Consultado 12 de octubre de 2016. Disponible en <https://books.google.co.cr/books>.
- Urdaneta, L. Delgado, A. 2007. Identificación de la micobiota del filoplano del cacaotero (*Theobroma cacao* L.) en el municipio Carraciolo Parra Olmedo, estado Mérida, Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía, 24(1), 47-68.(en línea), Consultado el 30 de octubre de 2016.

Disponibleen:

<http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000100004&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-7818.

ANEXOS

Análisis de la varianza variables de suelo

pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	27	0,38	0,11	5,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,89	8	0,11	1,40	0,2639
Tratamiento	0,89	8	0,11	1,40	0,2639
Error	1,44	18	0,08		
Total	2,33	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		0,250,23	0,09	1	0,09	1,14	0,2995
Testigo vs Todos		0,80 1,39	0,03	1	0,03	0,33	0,5724
Testigo vs Org		0,050,57	6,3E-04	1	6,3E-04	0,01	0,9305
Testigo vs Inorg		0,85 0,89	0,07	1	0,07	0,90	0,3563
Org vs Inorg		2,79 1,79	0,19	1	0,19	2,43	0,1362
Testigo vs Org y RF		0,14 0,73	2,8E-03	1	2,8E-03	0,04	0,8536
N,K y NK vs Org y RF		0,47 1,50	0,01	1	0,01	0,10	0,7571
N vs NK		0,16 0,23	0,04	1	0,04	0,46	0,5061
K vs NK		0,40 0,23	0,24	1	0,24	3,05	0,0977
Total		0,86	7	0,12	1,54	0,2157	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,80911

Error: 0,0800 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
K	5,70	3	0,16	A
AoS	5,66	3	0,16	A
Ao S-L	5,66	3	0,16	A
Testigo	5,56	3	0,16	A
N	5,46	3	0,16	A
AoL	5,41	3	0,16	A
RF	5,37	3	0,16	A

N-K	5,30	3	0,16	A
N-K-RF	5,12	3	0,16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Acidez(cmol(+)/L)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez(cmol(+)/L)	27	0,45	0,21	23,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,09	8	0,01	1,87	0,1284
Tratamiento	0,09	8	0,01	1,87	0,1284
Error	0,10	18	0,01		
Total	0,19	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-0,01 0,06	6,7E-05	1	6,7E-05	0,01	0,9153
Testigo vs Todos		-0,14 0,37	8,6E-04	1	8,6E-04	0,15	0,7036
Testigo vs Org		0,04 0,15	4,7E-04	1	4,7E-04	0,08	0,7780
Testigo vs Inorg		-0,19 0,24	3,5E-03	1	3,5E-03	0,61	0,4456
Org vs Inorg		-0,78 0,48	0,02	1	0,02	2,63	0,1221
Testigo vs Org y RF		0,07 0,20	8,1E-04	1	8,1E-04	0,14	0,7119
N,K y NK vs Org y RF		0,45 0,40	0,01	1	0,01	1,24	0,2794
N vs NK		-0,06 0,06	0,01	1	0,01	0,94	0,3445
K vs NK		-0,06 0,06	0,01	1	0,01	1,05	0,3191
Total		0,09	7	0,01	2,13	0,0930	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21655

Error: 0,0057 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N-K-RF	0,47	3	0,04	A
N-K	0,37	3	0,04	A
Testigo	0,31	3	0,04	A
N	0,31	3	0,04	A
K	0,30	3	0,04	A
AoS	0,30	3	0,04	A
AoL	0,29	3	0,04	A
Ao S-L	0,28	3	0,04	A

RF 0,28 3 0,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Suma bases (cmol(+)/L)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Suma bases (cmol(+)/L)			27	0,22 0,00 17,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13,48	8	1,69	0,64	0,7314
Tratamiento	13,48	8	1,69	0,64	0,7314
Error	47,09	18	2,62		
Total	60,57	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-1,39 1,32	2,91	1	2,91	1,11	0,3053
Testigo vs Todos		0,82 7,92	0,03	1	0,03	0,01	0,9190
Testigo vs Org		-1,41 3,23	0,50	1	0,50	0,19	0,6681
Testigo vs Inorg		2,23 5,11	0,50	1	0,50	0,19	0,6685
Org vs Inorg		13,73	10,23	4,71	1	4,71	1,80 0,1962
Testigo vs Org y RF		-1,01 4,18	0,15	1	0,15	0,06	0,8122
N,K y NK vs Org y RF		-5,51 8,56	1,09	1	1,09	0,41	0,5276
N vs NK		1,16 1,32	2,02	1	2,02	0,77	0,3913
K vs NK		1,45 1,32	3,14	1	3,14	1,20	0,2878
Total		13,40	7	1,91	0,73	0,6482	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,62720

Error: 2,6160 gl: 18

Tratamiento	Medias n	E.E.	
AoS	10,52 3	0,93	A
Ao S-L	10,04 3	0,93	A
K	9,80 3	0,93	A
N	9,51 3	0,93	A
Testigo	9,43 3	0,93	A
AoL	9,13 3	0,93	A
RF	9,02 3	0,93	A
N-K	8,35 3	0,93	A
N-K-RF	8,23 3	0,93	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Sat AI(%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sat AI(%)	27	0,39	0,12	34,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16,27	8	2,03	1,44	0,2473
Tratamiento	16,27	8	2,03	1,44	0,2473
Error	25,45	18	1,41		
Total	41,72	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		0,12 0,97	0,02	1	0,02	0,01	0,9052
Testigo vs Todos		-0,07 5,83	1,8E-04	1	1,8E-04	1,2E-04	0,9912
Testigo vs Org		1,58 2,38	0,63	1	0,63	0,44	0,5138
Testigo vs Inorg		-1,65 3,76	0,27	1	0,27	0,19	0,6662
Org vs Inorg		-12,87	7,52	4,14	1	4,14	2,93 0,1043
Testigo vs Org y RF		2,06 3,07	0,64	1	0,64	0,45	0,5105
N,K y NK vs Org y RF		7,11 6,29	1,80	1	1,80	1,28	0,2735
N vs NK		-0,87 0,97	1,15	1	1,15	0,81	0,3797
K vs NK		-1,11 0,97	1,83	1	1,83	1,30	0,2697
Total		16,08	7	2,30	1,62	0,1917	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,40201

Error: 1,4141 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N-K-RF	5,38	3	0,69	A
N-K	4,22	3	0,69	A
Testigo	3,49	3	0,69	A
N	3,35	3	0,69	A
AoL	3,12	3	0,69	A
K	3,12	3	0,69	A
RF	3,01	3	0,69	A
AoS	3,00	3	0,69	A
Ao S-L	2,75	3	0,69	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

K (cmol(+)/L)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
K (cmol(+)/L)	27	0,67	0,52	27,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,69	8	0,09	4,58	0,0035
Tratamiento	0,69	8	0,09	4,58	0,0035
Error	0,34	18	0,02		
Total	1,02	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-0,060,11	0,01	1	0,01	0,29	0,5981
Testigo vs Todos		-0,060,67	1,7E-04	1	1,7E-04	0,01	0,9258
Testigo vs Org		0,180,27	0,01	1	0,01	0,42	0,5270
Testigo vs Inorg		-0,240,43	0,01	1	0,01	0,31	0,5862
Org vs Inorg		-1,600,87	0,06	1	0,06	3,43	0,0806
Testigo vs Org y RF		0,300,35	0,01	1	0,01	0,72	0,4073
N,K y NK vs Org y RF		2,070,72	0,15	1	0,15	8,19	0,0104
N vs NK		-0,350,11	0,19	1	0,19	9,99	0,0054
K vs NK		0,220,11	0,07	1	0,07	3,76	0,0685
Total		0,68	7	0,10	5,17	0,0023	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,39176

Error: 0,0188 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
K	0,84	3	0,08	A	
N-K	0,63	3	0,08	A	B
N-K-RF	0,55	3	0,08	A	B
Testigo	0,48	3	0,08	A	B
Ao S-L	0,47	3	0,08	A	B
AoS	0,43	3	0,08		B
AoL	0,37	3	0,08		B
RF	0,36	3	0,08		B
N	0,27	3	0,08		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ca (cmol(+)/L)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca (cmol(+)/L)	27	0,22	0,00	19,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9,09	8	1,14	0,63	0,7432
Tratamiento	9,09	8	1,14	0,63	0,7432
Error	32,51	18	1,81		
Total	41,60	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-1,27 1,10	2,41	1	2,41	1,33	0,2635
Testigo vs Todos		0,66 6,58	0,02	1	0,02	0,01	0,9217
Testigo vs Org		-1,19 2,69	0,35	1	0,35	0,19	0,6641
Testigo vs Inorg		1,84 4,25	0,34	1	0,34	0,19	0,6696
Org vs Inorg		11,46	8,50	3,29	1	3,29	1,82 0,1942
Testigo vs Org y RF		-0,72 3,47	0,08	1	0,08	0,04	0,8387
N,K y NK vs Org y RF		-4,34 7,11	0,67	1	0,67	0,37	0,5496
N vs NK		1,21 1,10	2,20	1	2,20	1,22	0,2847
K vs NK		0,91 1,10	1,25	1	1,25	0,69	0,4161
Total		9,07	7	1,30	0,72	0,6589	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,84493

Error: 1,8062 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	A
AoS	7,84	3	0,78	A
Ao S-L	7,31	3	0,78	A
N	7,16	3	0,78	A
K	6,87	3	0,78	A
Testigo	6,84	3	0,78	A
AoL	6,57	3	0,78	A
RF	6,37	3	0,78	A
N-K-RF	6,02	3	0,78	A
N-K	5,95	3	0,78	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Mg (cmol(+)/L)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg (cmol(+)/L)	27	0,25	0,00	21,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,18	8	0,15	0,73	0,6617
Tratamiento	1,18	8	0,15	0,73	0,6617
Error	3,62	18	0,20		
Total	4,80	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-0,07 0,37	0,01	1	0,01	0,03	0,8576
Testigo vs Todos		0,22 2,20	2,1E-03	1	2,1E-03	0,01	0,9202
Testigo vs Org		-0,40 0,90	0,04	1	0,04	0,20	0,6610
Testigo vs Inorg		0,62 1,42	0,04	1	0,04	0,19	0,6656
Org vs Inorg		3,87 2,84	0,37	1	0,37	1,86	0,1894
Testigo vs Org y RF		-0,59 1,16	0,05	1	0,05	0,26	0,6167
N,K y NK vs Org y RF		-3,25 2,37	0,38	1	0,38	1,87	0,1878
N vs NK		0,30 0,37	0,14	1	0,14	0,69	0,4184
K vs NK		0,32 0,37	0,15	1	0,15	0,75	0,3986
Total		1,18	7	0,17	0,84	0,5719	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,28336

Error: 0,2012 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RF	2,29	3	0,26	A
Ao S-L	2,26	3	0,26	A
AoS	2,25	3	0,26	A
AoL	2,19	3	0,26	A
Testigo	2,10	3	0,26	A
K	2,09	3	0,26	A
N	2,07	3	0,26	A
N-K	1,77	3	0,26	A
N-K-RF	1,66	3	0,26	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

P (mg/L)¹

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P (mg/L) ¹	27	0,25	0,00	87,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	346,10	8	43,26	0,75	0,6450
Tratamiento	346,10	8	43,26	0,75	0,6450
Error	1031,62	18	57,31		
Total	1377,72	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-4,26 6,18	27,18	1	27,18	0,47	0,4998
Testigo vs Todos		48,89	37,09	99,59	1	99,59	1,74 0,2040
Testigo vs Org		19,46	15,14	94,67	1	94,67	1,65 0,2150
Testigo vs Inorg		29,43	23,94	86,61	1	86,61	1,51 0,2348
Org vs Inorg		-9,01 47,88	2,03	1	2,03	0,04	0,8528
Testigo vs Org y RF		27,36	19,55	112,31	1	112,31	1,96 0,1785
N,K y NK vs Org y RF		27,92	40,06	27,83	1	27,83	0,49 0,4948
N vs NK		-7,08 6,18	75,12	1	75,12	1,31	0,2673
K vs NK		3,52 6,18	18,62	1	18,62	0,32	0,5757
Total		345,99	7	49,43	0,86	0,5532	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=21,65830

Error: 57,3120 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.
K	14,28	3	4,37
Testigo	14,09	3	4,37
N-K	10,76	3	4,37
AoS	9,81	3	4,37
Ao S-L	7,44	3	4,37
RF	6,18	3	4,37
N-K-RF	6,10	3	4,37
AoL	5,55	3	4,37
N	3,68	3	4,37

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza para variables de foliares

N-Total (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N-Total (%)	27	0,27	0,00	6,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,11	8	0,01	0,85	0,5755
Tratamiento	0,11	8	0,01	0,85	0,5755
Error	0,28	18	0,02		
Total	0,38	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-0,030,10	1,3E-03	1	1,3E-03	0,09	0,7715
Testigo vs Todos		-0,600,61	0,01	1	0,01	0,96	0,3413
Testigo vs Org		-0,250,25	0,02	1	0,02	0,98	0,3354
Testigo vs Inorg		-0,350,39	0,01	1	0,01	0,79	0,3861
Org vs Inorg		0,180,79	8,4E-04	1	8,4E-04	0,05	0,8187
Testigo vs Org y RF		-0,250,32	0,01	1	0,01	0,59	0,4532
N,K y NK vs Org y RF		0,590,66	0,01	1	0,01	0,81	0,3801
N vs NK		0,100,10	0,02	1	0,02	0,97	0,3387
K vs NK		0,150,10	0,04	1	0,04	2,27	0,1491
Total		0,09	7	0,01	0,84	0,5655	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,35648

Error: 0,0155 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	A
K	2,01	3	0,07	A
Ao S-L	1,97	3	0,07	A
N	1,96	3	0,07	A
AoS	1,90	3	0,07	A
AoL	1,87	3	0,07	A
N-K	1,86	3	0,07	A
N-K-RF	1,85	3	0,07	A
RF	1,83	3	0,07	A
Testigo	1,83	3	0,07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

K (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
K (%)	27	0,12	0,00	28,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,43	8	0,05	0,31	0,9537
Tratamiento	0,43	8	0,05	0,31	0,9537
Error	3,19	18	0,18		
Total	3,62	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		0,22 0,34	0,07	1	0,07	0,42	0,5238
Testigo vs Todos		-0,20 2,06	1,7E-03	1	1,7E-03	0,01	0,9225
Testigo vs Org		0,02 0,84	6,9E-05	1	6,9E-05	3,9E-04	0,9844
Testigo vs Inorg		-0,22 1,33	4,8E-03	1	4,8E-03	0,03	0,8705
Org vs Inorg		-0,74 2,66	0,01	1	0,01	0,08	0,7832
Testigo vs Org y RF		-0,05 1,09	3,7E-04	1	3,7E-04	2,1E-03	0,9638
N,K y NK vs Org y RF		0,72 2,23	0,02	1	0,02	0,10	0,7512
N vs NK		-0,28 0,34	0,11	1	0,11	0,65	0,4311
K vs NK		0,15 0,34	0,04	1	0,04	0,20	0,6607
Total		0,42	7	0,06	0,34	0,9259	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,20372

Error: 0,1770 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
K	1,74	3	0,24	A
N-K	1,58	3	0,24	A
AoL	1,55	3	0,24	A
RF	1,54	3	0,24	A
Ao S-L	1,52	3	0,24	A
Testigo	1,47	3	0,24	A
N-K-RF	1,41	3	0,24	A
AoS	1,32	3	0,24	A
N	1,31	3	0,24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ca (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca (%)	27	0,26	0,00	16,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,25	8	0,03	0,79	0,6209
Tratamiento	0,25	8	0,03	0,79	0,6209
Error	0,72	18	0,04		
Total	0,97	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-0,07 0,16	0,01	1	0,01	0,20	0,6589
Testigo vs Todos		0,48 0,98	0,01	1	0,01	0,24	0,6279
Testigo vs Org		0,26 0,40	0,02	1	0,02	0,43	0,5188
Testigo vs Inorg		0,22 0,63	4,8E-03	1	4,8E-03	0,12	0,7321
Org vs Inorg		-0,66 1,27	0,01	1	0,01	0,27	0,6102
Testigo vs Org y RF		0,38 0,52	0,02	1	0,02	0,53	0,4753
N,K y NK vs Org y RF		0,20 1,06	1,4E-03	1	1,4E-03	0,03	0,8547
N vs NK		0,16 0,16	0,04	1	0,04	0,92	0,3503
K vs NK		-0,10 0,16	0,02	1	0,02	0,37	0,5481
Total		0,24	7	0,03	0,86	0,5548	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,57244

Error: 0,0400 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N-K-RF	1,41	3	0,12	A
N	1,34	3	0,12	A
Testigo	1,28	3	0,12	A
AoS	1,26	3	0,12	A
N-K	1,19	3	0,12	A
AoL	1,18	3	0,12	A
RF	1,17	3	0,12	A
Ao S-L	1,15	3	0,12	A
K	1,09	3	0,12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Mg (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg (%)	27	0,34	0,05	22,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,14	8	0,02	1,18	0,3642
Tratamiento	0,14	8	0,02	1,18	0,3642
Error	0,26	18	0,01		
Total	0,40	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-0,140,10	0,03	1	0,03	1,92	0,1825
Testigo vs Todos		-1,070,59	0,05	1	0,05	3,29	0,0862
Testigo vs Org		-0,410,24	0,04	1	0,04	2,88	0,1067
Testigo vs Inorg		-0,660,38	0,04	1	0,04	3,02	0,0994
Org vs Inorg		0,060,76	9,0E-05	1	9,0E-05	0,01	0,9382
Testigo vs Org y RF		-0,620,31	0,06	1	0,06	3,91	0,0634
N,K y NK vs Org y RF		-0,460,64	0,01	1	0,01	0,53	0,4776
N vs NK		-0,160,10	0,04	1	0,04	2,75	0,1148
K vs NK		-0,090,10	0,01	1	0,01	0,83	0,3733
Total		0,14	7	0,02	1,34	0,2880	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34538

Error: 0,0146 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
AoS	0,63	3	0,07	A
RF	0,62	3	0,07	A
N-K	0,62	3	0,07	A
Ao S-L	0,54	3	0,07	A
N-K-RF	0,53	3	0,07	A
K	0,53	3	0,07	A
AoL	0,49	3	0,07	A
N	0,45	3	0,07	A
Testigo	0,42	3	0,07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

P (mg/L)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P (mg/L)	27	0,22	0,00	26,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,1E-03	8		1,3E-040,64	0,7379
Tratamiento	1,1E-03	8		1,3E-040,64	0,7379
Error	3,8E-03	18		2,1E-04	
Total	4,9E-03	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-0,020,01	4,2E-04	1	4,2E-04	1,97	0,1771
Testigo vs Todos		-0,010,07	7,4E-06	1	7,4E-06	0,04	0,8535
Testigo vs Org		-0,010,03	1,1E-05	1	1,1E-05	0,05	0,8211
Testigo vs Inorg		-0,010,05	4,4E-06	1	4,4E-06	0,02	0,8862
Org vs Inorg		0,010,09	4,4E-06	1	4,4E-06	0,02	0,8862
Testigo vs Org y RF		-0,010,04	1,5E-05	1	1,5E-05	0,07	0,7928
N,K y NK vs Org y RF		-0,020,08	9,9E-06	1	9,9E-06	0,05	0,8308
N vs NK		-0,010,01	2,7E-04	1	2,7E-04	1,26	0,2758
K vs NK		0,010,01	6,7E-05	1	6,7E-05	0,32	0,5811
Total			1,1E-03	7	1,5E-04	0,72	0,6546

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04157

Error: 0,0002 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
K	0,06	3	0,01	A
AoS	0,06	3	0,01	A
Ao S-L	0,06	3	0,01	A
RF	0,06	3	0,01	A
N-K	0,06	3	0,01	A
N-K-RF	0,05	3	0,01	A
Testigo	0,05	3	0,01	A
AoL	0,05	3	0,01	A
N	0,04	3	0,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fe (mg/L)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fe (mg/L)	27	0,27	0,00	20,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1408,74	8	176,09	0,81	0,6016
Tratamiento	1408,74	8	176,09	0,81	0,6016
Error	3904,67	18	216,93		
Total	5313,41	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor	
AoL vs AoS		22,00	12,03	726,00	1	726,00	3,35	0,0840
Testigo vs Todos		100,33	72,15	419,45	1	419,45	1,93	0,1813
Testigo vs Org		30,00	29,46	225,00	1	225,00	1,04	0,3220
Testigo vs Inorg		70,33	46,58	494,68	1	494,68	2,28	0,1484
Org vs Inorg		61,00	93,15	93,03	1	93,03	0,43	0,5208
Testigo vs Org y RF		40,67	38,03	248,07	1	248,07	1,14	0,2990
N,K y NK vs Org y RF		-46,00	77,94	75,57	1	75,57	0,35	0,5624
N vs NK		-4,33	12,03	28,17	1	28,17	0,13	0,7228
K vs NK		3,33	12,03	16,67	1	16,67	0,08	0,7848
Total			1400,74	7	200,11	0,92	0,5124	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=42,13637

Error: 216,9259 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
AoL	84,67	3	8,50	A
Testigo	83,00	3	8,50	A
K	72,67	3	8,50	A
RF	72,33	3	8,50	A
Ao S-L	71,67	3	8,50	A
N-K	69,33	3	8,50	A
N-K-RF	65,33	3	8,50	A
N	65,00	3	8,50	A
AoS	62,67	3	8,50	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cu (mg/L)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cu (mg/L)	27	0,13	0,00	31,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	53,63	8	6,70	0,34	0,9402
Tratamiento	53,63	8	6,70	0,34	0,9402
Error	358,67	18	19,93		
Total	412,30	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		1,67 3,64	4,17	1	4,17	0,21	0,6529
Testigo vs Todos		-3,33 21,87	0,46	1	0,46	0,02	0,8805
Testigo vs Org		-1,00 8,93	0,25	1	0,25	0,01	0,9121
Testigo vs Inorg		-2,33 14,12	0,54	1	0,54	0,03	0,8706
Org vs Inorg		-2,00 28,23	0,10	1	0,10	0,01	0,9443
Testigo vs Org y RF		-2,67 11,53	1,07	1	1,07	0,05	0,8196
N,K y NK vs Org y RF		4,00 23,62	0,57	1	0,57	0,03	0,8674
N vs NK		-1,00 3,64	1,50	1	1,50	0,08	0,7869
K vs NK		2,00 3,64	6,00	1	6,00	0,30	0,5899
Total		49,13	7	7,02	0,35	0,9181	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,77058

Error: 19,9259 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.
K	16,67	3	2,58
RF	15,67	3	2,58
Ao S-L	15,33	3	2,58
N-K	14,67	3	2,58
AoL	14,67	3	2,58
Testigo	14,00	3	2,58
N	13,67	3	2,58
AoS	13,00	3	2,58
N-K-RF	11,67	3	2,58

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Zn (mg/L)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

Zn (mg/L) 27 0,17 0,00 22,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1388,00	8	173,50	0,47	0,8631
Tratamiento	1388,00	8	173,50	0,47	0,8631
Error	6680,00	18	371,11		
Total	8068,00	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS	-2,00	15,73	6,00	1	6,00	0,02	0,9002
Testigo vs Todos	54,00		94,38	121,50	1	121,50	0,33 0,5743
Testigo vs Org	43,00		38,53	462,25	1	462,25	1,25 0,2791
Testigo vs Inorg	11,00		60,92	12,10	1	12,10	0,03 0,8587
Org vs Inorg	-182,00		121,84	828,10	1	828,10	2,23 0,1526
Testigo vs Org y RF	46,33		49,74	322,02	1	322,02	0,87 0,3639
N,K y NK vs Org y RF	88,33		101,94	278,67	1	278,67	0,75 0,3976
N vs NK	-6,33	15,73	60,17	1	60,17	0,16	0,6919
K vs NK	-12,33		15,73	228,17	1	228,17	0,61 0,4432
Total		1380,00		7	197,14	0,53	0,7997

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoS	-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00
N-K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=55,11291

Error: 371,1111 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N-K-RF	97,33	3	11,12	A
N-K	94,33	3	11,12	A
Testigo	92,33	3	11,12	A
RF	89,00	3	11,12	A
N	88,00	3	11,12	A
K	82,00	3	11,12	A
AoS	79,67	3	11,12	A
AoL	77,67	3	11,12	A
Ao S-L	76,67	3	11,12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Mn (mg/L)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mn (mg/L)	27	0,27	0,00	17,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	141933,85	8	17741,73	0,81	0,6014
Tratamiento	141933,85	8	17741,73	0,81	0,6014
Error	393278,00	18	21848,78		
Total	535211,85	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS	-166,67	120,69	41666,67	1	41666,67	1,91	0,1842
Testigo vs Todos	-1046,33	724,13	45617,23	1	45617,23	2,09	0,1657
Testigo vs Org	-294,33	295,63	21658,03	1	21658,03	0,99	0,3326
Testigo vs Inorg	-752,00	467,43	56550,40	1	56550,40	2,59	0,1251
Org vs Inorg	-784,33	934,85	15379,47	1	15379,47	0,70	0,4125
Testigo vs Org y RF	-509,33	381,65	38913,07	1	38913,07	1,78	0,1987
N,K y NK vs Org y RF	126,67	782,15	573,02	1	573,02	0,03	0,8732
N vs NK	-101,67	120,69	15504,17	1	15504,17	0,71	0,4106
K vs NK	-46,67	120,69	3266,67	1	3266,67	0,15	0,7035
Total		134328,30	7	19189,76	0,88	0,5422	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
Ao S-L	0,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
AoL	1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00

AoS		-1,00	-1,00	-1,00	0,00	5,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
K	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	0,00	1,00	
N	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	1,00	0,00	
N-K		0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	4,00	-1,00	-1,00
N-K-RF		0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF		0,00	-1,00	0,00	-1,00	-3,00	-1,00	-3,00	0,00	0,00
Testigo		0,00	8,00	3,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=422,87786

Error: 21848,7778 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
RF	920,67	3	85,34	A
AoS	907,67	3	85,34	A
N-K	893,00	3	85,34	A
K	846,33	3	85,34	A
N-K-RF	829,00	3	85,34	A
N	791,33	3	85,34	A
AoS-L	762,67	3	85,34	A
AoL	741,00	3	85,34	A
Testigo	705,67	3	85,34	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza para variables de rendimiento

N° Fruto/árbol/año

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° Fruto/árbol/año	27	0,29	0,00	29,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	585,19	8	73,15	0,94	0,5081
Tratamiento	585,19	8	73,15	0,94	0,5081
Error	1398,67	18	77,70		
Total	1983,85	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-6,33 7,20	60,17	1	60,17	0,77	0,3905
K vs NK	11,33	7,20	192,67	1	192,67	2,48	0,1328
N vs NK	4,33	7,20 28,17	1	28,17	0,36	0,5546	
N,K y NK vs AO y RF	-27,33	46,64	26,68	1	26,68	0,34	0,5652
Org. vs Inorg	3,33	55,75 0,28	1	0,28	3,6E-03	0,9530	
Testigo vs Inorg	45,00	27,88	202,50	1	202,50	2,61	0,1238
Testigo vs Org	26,33	17,63	173,36	1	173,36	2,23	0,1526
Testigo vs Org y RF	34,00	22,76	173,40	1	173,40	2,23	0,1525
Testigo vs Todos	71,33	43,18	212,02	1	212,02	2,73	0,1159
N-K-RF vs N	6,67	7,20 66,67	1	66,67	0,86	0,3666	
N-K-RF vs K	-0,33	7,20 0,17	1	0,17	2,1E-03	0,9636	
N-K-RF vs RF	2,67	7,20 10,67	1	10,67	0,14	0,7153	
Total		550,46	7	78,64	1,01	0,4554	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9	Ct.10
	Ct.11	Ct.12								
Ao S-L	0,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoL	1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoS	-1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
K	0,00	1,00	0,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00										
N	0,00	0,00	1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
0,00										
N-K	0,00	-1,00	-1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
N-K-RF	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	1,00
1,00	1,00									
RF	0,00	0,00	0,00	-3,00	-3,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	-1,00									
Testigo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	4,00	8,00	0,00
0,00	0,00									

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=25,21867

Error: 77,7037 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N-K	22,00	3	5,09	A
AoL	24,67	3	5,09	A
N	26,33	3	5,09	A
RF	30,33	3	5,09	A
AoS	31,00	3	5,09	A
Ao S-L	32,00	3	5,09	A
N-K-RF	33,00	3	5,09	A
K	33,33	3	5,09	A
Testigo	38,00	3	5,09	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

P/fruto (gr)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P/fruto (gr)	27	0,09	0,00	9,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4402,59	8	550,32	0,23	0,9796
Tratamiento	4402,59	8	550,32	0,23	0,9796
Error	42756,32	18	2375,35		
Total	47158,92	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		2,44 39,79	8,91	1	8,91	3,7E-03	0,9518
K vs NK	24,35	39,79	889,63	1	889,63	0,37	0,5482
N vs NK	0,23	39,79	0,08	1	0,08	3,2E-05	0,9955
N,K y NK vs AO y RF	170,02		257,90	1032,39	1	1032,39	0,43
0,5181							
Org. vs Inorg	-253,36		308,24	1604,74	1	1604,74	0,68
0,4219							
Testigo vs Inorg	68,97		154,12	475,69	1	475,69	0,20 0,6599
Testigo vs Org	92,05		97,48	2118,45	1	2118,45	0,89
0,3575							
Testigo vs Org y RF	102,90		125,84	1588,26	1	1588,26	0,67
0,4242							
Testigo vs Todos	161,02		238,76	1080,35	1	1080,35	0,45
0,5086							
N-K-RF vs N	-3,93	39,79	23,17	1	23,17	0,01	0,9224
N-K-RF vs K	-28,06		39,79	1180,76	1	1180,76	0,50
0,4898							
N-K-RF vs RF	-12,61		39,79	238,39	1	238,39	0,10 0,7550
Total			4220,25	7	602,89	0,25	0,9642

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9	Ct.10
	Ct.11	Ct.12								
Ao S-L	0,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoL	1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoS	-1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
K	0,00	1,00	0,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00										
N	0,00	0,00	1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
0,00										
N-K	0,00	-1,00	-1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
N-K-RF	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	1,00
1,00	1,00									
RF	0,00	0,00	0,00	-3,00	-3,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	-1,00									
Testigo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	4,00	8,00	0,00
0,00	0,00									

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=139,43291

Error: 2375,3513 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Ao S-L	472,01	3	28,14	A
AoS	480,34	3	28,14	A
AoL	482,77	3	28,14	A
N-K-RF	485,60	3	28,14	A
N-K	489,31	3	28,14	A
N	489,53	3	28,14	A
RF	498,21	3	28,14	A
Testigo	509,06	3	28,14	A
K	513,66	3	28,14	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

P.F. semillas(gr)/fruto

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P.F. semillas(gr)/fruto	27	0,30	0,00	9,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1157,77			8	144,72 0,97 0,4861
Tratamiento	1157,77			8	144,72 0,97 0,4861
Error	2674,90			18	148,61
Total	3832,67			26	

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		0,12 9,95	0,02	1	0,02	1,4E-04	0,9909
K vs NK	19,79	9,95	587,62	1	587,62	3,95	0,0622
N vs NK	3,22	9,95	15,58	1	15,58	0,10	0,7499
N,K y NK vs AO y RF	67,40		64,51	162,22	1	162,22	1,09 0,3099
Org. vs Inorg	-56,86		77,10	80,82	1	80,82	0,54 0,4704
Testigo vs Inorg	29,38		38,55	86,31	1	86,31	0,58 0,4559
Testigo vs Org	29,00		24,38	210,23	1	210,23	1,41 0,2497
Testigo vs Org y RF	35,81		31,48	192,35	1	192,35	1,29 0,2702
Testigo vs Todos	58,38		59,72	142,00	1	142,00	0,96 0,3413
N-K-RF vs N	-4,78	9,95	34,20	1	34,20	0,23	0,6372
N-K-RF vs K	-21,35		9,95	683,43	1	683,43	4,60 0,0459
N-K-RF vs RF	-5,75	9,95	49,59	1	49,59	0,33	0,5707
Total			1094,27	7	156,32	1,05	0,4316

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9	Ct.10
	Ct.11	Ct.12								
Ao S-L	0,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoL	1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoS	-1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
K	0,00	1,00	0,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00										
N	0,00	0,00	1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
0,00										
N-K	0,00	-1,00	-1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
N-K-RF	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	1,00
1,00	1,00									
RF	0,00	0,00	0,00	-3,00	-3,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	-1,00									
Testigo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	4,00	8,00	0,00
0,00	0,00									

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=34,87536

Error: 148,6054 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N-K-RF	117,77	3	7,04	A
AoS	118,73	3	7,04	A
AoL	118,84	3	7,04	A
N-K	119,32	3	7,04	A
N	122,54	3	7,04	A
RF	123,52	3	7,04	A
Ao S-L	124,42	3	7,04	A
Testigo	130,33	3	7,04	A
K	139,11	3	7,04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

N° semillas/fruto

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° semillas/fruto		27	0,27	0,00 14,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	150,43	8	18,80	0,84	0,5790
Tratamiento	150,43	8	18,80	0,84	0,5790
Error	402,00	18	22,33		
Total	552,43	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-1,67 3,86	4,17	1	4,17	0,19	0,6709
K vs NK	2,33	3,86 8,17	1	8,17	0,37	0,5529	
N vs NK	8,67	3,86 112,67	1	112,67	5,04	0,0375	
N,K y NK vs AO y RF	-15,00		25,01	8,04	1	8,04	0,36 0,5561
Org. vs Inorg	1,33	29,89 0,04	1	0,04	2,0E-03	0,9649	
Testigo vs Inorg	9,40	14,94 8,84	1	8,84	0,40	0,5373	
Testigo vs Org	5,37	9,45 7,22	1	7,22	0,32	0,5767	
Testigo vs Org y RF	5,72	12,20 4,91	1	4,91	0,22	0,6449	
Testigo vs Todos	14,77		23,15	9,09	1	9,09	0,41 0,5314
N-K-RF vs N	-3,33	3,86 16,67	1	16,67	0,75	0,3990	
N-K-RF vs K	3,00	3,86 13,50	1	13,50	0,60	0,4470	
N-K-RF vs RF	-0,67	3,86 0,67	1	0,67	0,03	0,8648	
Total		149,04	7	21,29	0,95	0,4922	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9	Ct.10
	Ct.11	Ct.12								
Ao S-L	0,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoL	1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoS	-1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
K	0,00	1,00	0,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00										
N	0,00	0,00	1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
0,00										
N-K	0,00	-1,00	-1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
N-K-RF	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	1,00
1,00	1,00									
RF	0,00	0,00	0,00	-3,00	-3,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	-1,00									
Testigo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	4,00	8,00	0,00
0,00	0,00									

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=13,52006

Error: 22,3334 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N-K	28,67	3	2,73	A
K	31,00	3	2,73	A
Ao S-L	32,67	3	2,73	A
AoL	32,67	3	2,73	A
N-K-RF	34,00	3	2,73	A
AoS	34,33	3	2,73	A
RF	34,67	3	2,73	A
Testigo	35,01	3	2,73	A
N	37,33	3	2,73	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Índ. Semillas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Índ. Semillas	27	0,22	0,00	18,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,26	8	0,03	0,62	0,7508
Tratamiento	0,26	8	0,03	0,62	0,7508
Error	0,93	18	0,05		
Total	1,19	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-0,050,19	3,9E-03	1	3,9E-03	0,08	0,7869
K vs NK		-0,330,19	0,16	1	0,16	3,10	0,0955
N vs NK		-0,320,19	0,16	1	0,16	3,04	0,0983
N,K y NK vs AO y RF		0,381,20	0,01	1	0,01	0,10	0,7542
Org. vs Inorg		0,271,44	1,9E-03	1	1,9E-03	0,04	0,8508
Testigo vs Inorg		-0,220,72	4,7E-03	1	4,7E-03	0,09	0,7679
Testigo vs Org		-0,180,46	0,01	1	0,01	0,16	0,6903
Testigo vs Org y RF		-0,180,59	4,9E-03	1	4,9E-03	0,09	0,7625
Testigo vs Todos		-0,401,12	0,01	1	0,01	0,13	0,7240
N-K-RF vs N		0,020,19	5,2E-04	1	5,2E-04	0,01	0,9211
N-K-RF vs K		0,020,19	7,0E-04	1	7,0E-04	0,01	0,9085
N-K-RF vs RF		-0,010,19	8,1E-05	1	8,1E-05	1,6E-03	0,9690
Total		0,25	7	0,04	0,69	0,6796	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9	Ct.10
	Ct.11	Ct.12								
Ao S-L	0,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoL	1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoS	-1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
K	0,00	1,00	0,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00										
N	0,00	0,00	1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
0,00										
N-K	0,00	-1,00	-1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
N-K-RF	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	1,00
1,00	1,00									
RF	0,00	0,00	0,00	-3,00	-3,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	-1,00									
Testigo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	4,00	8,00	0,00
0,00	0,00									

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,65123

Error: 0,0518 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
K	1,16	3	0,13	A
N	1,17	3	0,13	A
N-K-RF	1,19	3	0,13	A
RF	1,19	3	0,13	A
Testigo	1,20	3	0,13	A
Ao S-L	1,22	3	0,13	A
AoL	1,25	3	0,13	A
AoS	1,30	3	0,13	A
N-K	1,49	3	0,13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Kg semillas secas/ha/año

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg semillas secas/ha/año			27	0,34 0,05 31,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1572340,08	8	196542,51	1,16	0,3711
Tratamiento	1572340,08	8	196542,51	1,16	0,3711
Error	3036975,10	18	168720,84		
Total	4609315,18	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-338,79	335,38	172171,38	1	172171,38	1,02 0,3258
K vs NK	491,79		335,38	362786,11	1	362786,11	2,15 0,1598
N vs NK	187,56		335,38	52768,13	1	52768,13	0,31 0,5829
N,K y NK vs AO y RF	-863,48		2173,52	26628,49	1	26628,49	
	0,16	0,6958					
Org. vs Inorg	-438,00		2597,85	4796,10	1	4796,10	
	0,03	0,8680					
Testigo vs Inorg	2541,17		1298,93	645752,80	1	645752,80	
	3,83	0,0661					
Testigo vs Org	1612,30		821,51	649877,82	1	649877,82	3,85 0,0653
Testigo vs Org y RF	2027,43		1060,57	616568,83	1	616568,83	
	3,65	0,0720					
Testigo vs Todos	4153,47		2012,29	718803,56	1	718803,56	
	4,26	0,0537					
N-K-RF vs N	228,10		335,38	78046,70	1	78046,70	0,46 0,5051
N-K-RF vs K	-76,13		335,38	8692,90	1	8692,90	0,05 0,8230
N-K-RF vs RF	25,53		335,38	977,42	1	977,42	0,01 0,9402
Total			1378425,08	7	196917,87	1,17	0,3684

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9	Ct.10
	Ct.11	Ct.12								
Ao S-L	0,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoL	1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoS	-1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
K	0,00	1,00	0,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00										
N	0,00	0,00	1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
0,00										
N-K	0,00	-1,00	-1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
N-K-RF	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	1,00
1,00	1,00									
RF	0,00	0,00	0,00	-3,00	-3,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	-1,00									
Testigo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	4,00	8,00	0,00
0,00	0,00									

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1175,12951

Error: 168720,8388 gl: 18

Tratamiento	Medias n	E.E.
AoL	972,91 3	237,15 A
N-K	978,27 3	237,15 A
N	1165,83 3	237,15 A
AoS	1311,70 3	237,15 A
RF	1368,40 3	237,15 A
N-K-RF	1393,93 3	237,15 A
Ao S-L	1453,68 3	237,15 A
K	1470,06 3	237,15 A
Testigo	1783,53 3	237,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Inc.Circunferencia tronco (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Inc.Circunferencia tronco ..	27	0,21	0,00	45,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,31	8	0,66	0,62	0,7539
Tratamiento	5,31	8	0,66	0,62	0,7539
Error	19,42	18	1,08		
Total	24,74	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
AoL vs AoS		-0,48 0,85	0,35	1	0,35	0,32	0,5758
K vs NK		-0,85 0,85	1,09	1	1,09	1,01	0,3277
N vs NK		-1,13 0,85	1,90	1	1,90	1,76	0,2007
N,K y NK vs AO y RF		1,05 5,50	0,04	1	0,04	0,04	0,8506
Org. vs Inorg		-7,22 6,57	1,30	1	1,30	1,21	0,2861
Testigo vs Inorg		1,20 3,28	0,14	1	0,14	0,13	0,7184
Testigo vs Org		2,17 2,08	1,17	1	1,17	1,09	0,3108
Testigo vs Org y RF		2,15 2,68	0,69	1	0,69	0,64	0,4332
Testigo vs Todos		3,37 5,09	0,47	1	0,47	0,44	0,5162
N-K-RF vs N		1,05 0,85	1,64	1	1,64	1,52	0,2331
N-K-RF vs K		0,77 0,85	0,90	1	0,90	0,83	0,3739
N-K-RF vs RF		0,11 0,85	0,02	1	0,02	0,02	0,8952
Total		5,21	7	0,74	0,69	0,6802	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9	Ct.10
	Ct.11	Ct.12								
Ao S-L	0,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoL	1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
AoS	-1,00	0,00	0,00	-3,00	5,00	0,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
K	0,00	1,00	0,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00										
N	0,00	0,00	1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
0,00										
N-K	0,00	-1,00	-1,00	4,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
0,00	0,00									
N-K-RF	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	1,00
1,00	1,00									
RF	0,00	0,00	0,00	-3,00	-3,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
0,00	-1,00									
Testigo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	4,00	8,00	0,00
0,00	0,00									

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,97186

Error: 1,0791 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
N	1,74	3	0,60	A
AoL	1,77	3	0,60	A
Ao S-L	1,78	3	0,60	A
K	2,01	3	0,60	A
AoS	2,25	3	0,60	A
Testigo	2,65	3	0,60	A
RF	2,67	3	0,60	A
N-K-RF	2,78	3	0,60	A
N-K	2,86	3	0,60	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)