



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: RESPUESTA DE DOS VARIEDADES DE ROSA A LA
APLICACIÓN DE DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN SOLUBLE:
CONVENCIONAL Y TECNOLOGÍA MICROCARBONO™ EN
RUMIÑAHUI, PICHINCHA**

AUTOR: TAPE ECHEVERRÍA, SANTIAGO DAVID

DIRECTORA: MSc. URBANO SALAZAR, ELIZABETH

SANGOLQUÍ

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "RESPUESTA DE DOS VARIEDADES DE ROSA A LA APLICACIÓN DE DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN SOLUBLE: CONVENCIONAL Y TECNOLOGÍA MICROCARBONO™ EN RUMIÑAHUI, PICHINCHA" fue realizado por el señor **TAIPE ECHEVERRÍA SANTIAGO DAVID**, el mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **TAIPE ECHEVERRÍA SANTIAGO DAVID** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 28 de febrero del 2018

MSc. Urbano Elizabeth.

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Taípe Echeverría, Santiago David**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“Respuesta de dos variedades de rosa a la aplicación de dos fuentes de fertilización soluble: convencional y Tecnología Microcarbón™ en Rumiñahui, Pichincha”*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetado los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 28 de febrero del 2018

Firma:



.....
Taípe Echeverría Santiago David

C.C.: 0201568490



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Taipe Echeverría, Santiago David**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: ***“Respuesta de dos variedades de rosa a la aplicación de dos fuentes de fertilización soluble: convencional y Tecnología Microcarbono™ en Rumiñahui, Pichincha”*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 28 de febrero del 2018

Firma:

.....
Taipe Echeverría Santiago David

C.C.: 0201568490

DEDICATORIA

A Dios que me encargó en una buena y sabia mujer como lo es mi madre María Eufemia, a mi padre Luis Humberto y hermanos: Danny, Christian, Diego y Diana que han sido un ejemplo a seguir, a mis hijas: Valeria y Valentina, quienes han sido la motivación más grande para continuar con esta ardua tarea, a mi esposa Jessica quien supo apoyarme en todo momento y a todas las personas que Dios puso en mi camino para culminar con éxito esta etapa.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme en esta etapa de mi vida.

A mi familia por el apoyo incondicional.

A mis maestros quienes inculcaron en mí, respeto y conocimiento durante estos años de formación académica.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por la formación profesional.

A la Ingeniera Elizabeth Urbano, por permitirme trabajar en el proyecto y ser una guía constante durante esta etapa.

A mis profesores Ing. Jaime Villacis, Ing. Pablo Landázuri, Ing. Marcelo Arce por contribuir con sus conocimientos en la parte de evaluación del proyecto.

A los Ingenieros Cristian Machado, Tania Moscoso por ser una guía contante durante el proyecto.

A mis amigos Carlos V, Esteban U, Darwin T y amigas Diana L, Mishell O, Gabriela S, Karina A, que me apoyaron y aconsejaron durante este proceso.

A la Sra. Carmita, Sr. Carlos por el apoyo incondicional en el trabajo de campo del proyecto.

A Boris Zurita representante de la línea Huma Gro en el país y a su equipo de trabajo quienes supieron brindar su apoyo incondicional para que se realice el proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS**CARÁTULA**

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi

CAPÍTULO I**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema de investigación.....	3
1.2.1	El problema.....	3
1.2.2	Los efectos	4
1.2.3	Las causas.....	4
1.2.4	Problema macro.....	4
1.3	Objetivos.....	5
1.3.1	General	5
1.3.2	Específicos	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Cultivo de rosa (<i>Rosa sp.</i>)	6
2.1.1	Origen	6
2.1.2	Clasificación taxonómica	6
2.1.3	Características botánicas.....	7
2.2	Variedades de rosas	7
2.2.1	Variedades de rosa a ser evaluadas en la investigación	7
2.2.1.1	Variedad Sonrisa	7
2.2.1.2	Variedad Night Fever	8
2.3	Condiciones agroclimáticas adecuadas para el cultivo de rosas	9
2.4	Requerimientos edáficos	9
2.4.1	Textura.....	9
2.4.2	Potencial de hidrógeno (pH)	9
2.4.3	Conductividad eléctrica (C.E)	11
2.5	Requerimiento nutricional del cultivo de las rosas	12
2.6	Nutrientes esenciales para el cultivo de rosa.....	13
2.6.1	Macronutrientes	13
2.6.1.1	Nutrientes primarios (N, P, K)	13
2.6.1.2	Nutrientes secundarios (Ca, Mg, S)	14
2.6.2	Micronutrientes	14
2.7	Recomendación nutricional para el cultivo de rosa.....	15
2.8	Fertilizante	15

2.8.1	Fertilizantes solubles convencionales.....	15
2.8.1.1	Clasificación de los fertilizantes solubles.....	16
2.8.1.2	Solubilidad de los fertilizantes.....	16
2.8.2	Productos usados como fuente de fertilización hidrosoluble convencional.....	18
2.8.2.1	Nitrato de Calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).....	19
2.8.2.2	Nitrato de Potasio (KNO_3).....	20
2.8.2.3	Fosfato Monopotásico (P_2O_5 51%).....	20
2.8.2.4	Ácido Nítrico (HNO_3).....	21
2.8.2.5	Hierro quelatado con EDDHSA.....	21
2.8.2.6	Manganeso quelatado con EDTA.....	21
2.8.2.7	Zinc quelatado con EDTA.....	22
2.8.2.8	Cobre quelatado con EDTA.....	22
2.8.3	Fertilizantes líquidos con Tecnología Micro-Carbono (TMC).....	22
2.8.3.1	Leonardita.....	23
2.8.3.2	Beneficios de la tecnología micro carbono.....	25
2.8.4	Productos.....	25
2.8.4.1	Super Nitro.....	26
2.8.4.2	Phos – Max.....	26
2.8.4.3	Super K.....	26
2.8.4.4	Calcium.....	27
2.8.4.5	44 Mag.....	27
2.8.4.6	Iron.....	27
2.8.4.7	Manganeso.....	27

2.8.4.8 Z-Max.....	27
2.8.4.9 Boron	28
2.9 Aplicación de fertilizantes en el riego.....	28
2.9.1 Como determinar la necesidad de los fertilizantes.....	28
2.9.2 Fertilización en función del análisis de suelos	29
2.9.3 Fertilización en función del análisis foliar	31
2.9.4 Fertilización en función de fórmulas estándar.....	32

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del lugar de investigación.....	33
3.1.1 Ubicación política.....	33
3.1.2 Ubicación geográfica	33
3.1.3 Ubicación ecológica	34
3.1.4 Condiciones edáficas.....	34
3.2 Análisis de Suelo	34
3.3 Materiales	35
3.4 Métodos	35
3.4.1 Diseño experimental	35
3.4.1.1 Factores a probar.....	35
3.4.1.2 Tratamientos a comparar	36
3.4.1.3 Características de las unidades experimentales.....	36
3.4.1.4 Croquis del ensayo	37
3.4.2 Análisis estadístico	37

3.4.2.1 Esquema del análisis de varianza.....	37
3.4.2.2 Modelo matemático.....	37
3.4.2.3 Análisis funcional	38
3.4.3 Variables agronómicas	38
3.4.3.1 Longitud de tallo.....	38
3.4.3.2 Diámetro de tallo.....	38
3.4.3.3 Tamaño de botón.....	38
3.4.3.4 Ciclo de producción	39
3.4.3.5 Producción bruta.....	39
3.4.3.6 Tallos vendibles	39
3.4.3.7 Flor de descarte	39
3.4.3.8 Productividad en tallos planta ⁻¹ mes ⁻¹ (TPM)	40
3.4.4 Variables de laboratorio	40
3.4.4.1 Análisis foliar en plantas de <i>rosa sp.</i>	40
3.4.4.2 Análisis de suelo.....	41
3.4.5 Evaluación económica.....	41
3.5 Método de manejo del experimento.....	41
3.5.1 Identificación del área en estudio	41
3.5.2 Elección e identificación de las plantas.....	41
3.5.3 Riego	42
3.5.4 Fertilización.....	42

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Variables agronómicas	43
4.1.1	Longitud de tallo (cm)	43
4.1.2	Diámetro de tallo (mm)	43
4.1.3	Largo del botón (mm).....	44
4.1.4	Diámetro de botón (mm)	45
4.1.5	Duración del ciclo de cultivo (días)	45
4.1.6	Producción total (N° tallos)	46
4.1.7	Tallos para descarte	46
4.1.8	Tallos para la venta.....	46
4.1.9	Productividad (tallos.planta ⁻¹ .mes ⁻¹).....	47
4.2	Variables de laboratorio para el análisis de suelo.....	49
4.2.1	Saturación del suelo %	49
4.2.2	Potencial de hidrógeno (pH) del suelo	49
4.2.3	Conductividad eléctrica (CE) del suelo (mS.cm ⁻¹).....	49
4.2.4	Contenido de nitratos en el suelo (ppm)	50
4.2.5	Contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo (ppm).....	51
4.2.6	Contenido de fósforo (P) en el suelo (ppm)	52
4.2.7	Contenido de zinc (Zn) en el suelo (ppm)	52
4.2.8	Contenido de cobre (Cu) en el suelo (ppm)	53
4.2.9	Contenido de hierro (Fe) en el suelo (ppm)	53
4.2.10	Contenido de manganeso (Mn) en el suelo (ppm).....	54
4.2.11	Contenido de potasio (K) en el suelo (ppm).....	54
4.2.12	Contenido de calcio (Ca) en el suelo (ppm).....	55

4.2.13	Contenido de magnesio (Mg) en el suelo (ppm)	55
4.2.14	Contenido de azufre (S) en el suelo (ppm)	56
4.2.15	Contenido de boro (B) en el suelo (ppm)	56
4.2.16	Capacidad de intercambio catiónico efectivo (meq.100g-1) del suelo (CICE) ..	57
4.2.17	Contenido de materia orgánica (M.O) en el suelo (%)	57
4.2.18	Contenido en porcentaje de nitrógeno (N) a nivel foliar	59
4.2.19	Contenido en porcentaje de fósforo (P) a nivel foliar	59
4.2.20	Contenido en porcentaje de potasio (K) a nivel foliar.....	60
4.2.21	Contenido en porcentaje de calcio (Ca) a nivel foliar.....	60
4.2.22	Contenido en porcentaje de magnesio (Mg) a nivel foliar	60
4.2.23	Contenido en porcentaje de azufre (S) a nivel foliar	61
4.2.24	Contenido de boro (B) a nivel foliar en partes por millón (ppm)	61
4.2.25	Contenido de hierro (Fe) a nivel foliar en partes por millón (ppm)	61
4.2.26	Contenido de zinc (Zn) a nivel foliar en partes por millón (ppm)	62
4.2.27	Contenido de cobre (Cu) a nivel foliar en partes por millón (ppm)	62
4.2.28	Contenido de manganeso (Mn) a nivel foliar en partes por millón (ppm)	62
4.3	Análisis económico	64

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	66
5.2	Recomendaciones	67
5.3	Bibliografía.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Solubilidad (g L⁻¹), conductividad eléctrica (C.E.) y pH de fertilizantes solubles para fertirriego</i>	18
Tabla 2	<i>Capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los coloides del suelo.....</i>	25
Tabla 3	<i>Guía para interpretar análisis de suelos para rosicultura, cuando se expresan en partes por millón (ppm), B=bajo; M=medio, A=alto</i>	31
Tabla 4	<i>Intervalos para interpretar análisis foliares en plantas ornamentales de verano.....</i>	32
Tabla 5	<i>Resultado del análisis de laboratorio de agua, dilución ideal y aportes previstos</i>	32
Tabla 6	<i>Descripción de los tratamientos.....</i>	36
Tabla 7	<i>Esquema de Análisis de varianza (ADEVA)</i>	37
Tabla 8	<i>Número de plantas por unidad experimental en cada tratamiento y repetición</i>	40
Tabla 9	<i>Cantidad de fertilizante aplicado.....</i>	42
Tabla 10	<i>Análisis de la varianza para las variables agronómicas en el mes de septiembre</i>	48
Tabla 11	<i>Promedios y pruebas de significación de Scheffé al 5% para las variables agronómicas en el mes de septiembre.....</i>	48
Tabla 12	<i>Análisis de la varianza para las variables de análisis de suelos.....</i>	58
Tabla 13	<i>Promedios y pruebas de significación de Scheffé al 5% para las variables de análisis de suelos</i>	58
Tabla 14	<i>Análisis de la varianza para las variables del laboratorio del análisis foliar..</i>	63
Tabla 15	<i>Promedios y pruebas de significación de Scheffé al 5% para las variables del laboratorio del análisis foliar</i>	63
Tabla 16	<i>Beneficios brutos, costos variables y beneficio neto de cada uno los tratamientos en estudio.....</i>	64
Tabla 17	<i>Análisis de dominancia de los tratamientos en estudio</i>	64
Tabla 18	<i>Análisis de tasa marginal de los tratamientos no dominados y obtención del TRM.....</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Variedad Sonrisa	8
Figura 2 Variedad Night Fever	8
Figura 3 Disponibilidad de nutrientes para las plantas en función del pH del suelo	10
Figura 4 Aniones y cationes que absorben las plantas	13
Figura 5 Esquema general de obtención de fertilizantes nitrogenados	19
Figura 6 Croquis del ensayo.....	37

RESUMEN

En el proyecto de floricultura de la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA, se evaluó la respuesta de dos variedades de rosa (Rosa sp.) Sonrisa y Night Fever a dos fuentes de fertilización convencional y tecnología de micro carbono (TMC) en un ciclo de cultivo entre los meses de junio a septiembre del 2016, se implementó un diseño completamente al azar en arreglo factorial (2x2) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Para la validación estadística se usó la prueba de Scheffé al 5% para los factores variedades, fuentes de fertilización y para las interacciones. Las variables se dividieron en dos grupos: agronómicas y de laboratorio. Los tratamientos evaluados con la fuente de fertilización con TMC obtuvieron mejores promedios para las variables: diámetro de botón 33.60 mm y diámetro de tallo 4.58mm; en las variables de laboratorio, para el análisis de suelo, se determinó mayor conductividad eléctrica 1.35 mS.cm⁻¹., materia orgánica 4.18%, NO₃ 29.67ppm., K 73.33ppm., B 2.28ppm y P total 114.67 con la fuente de fertilización convencional; con la fuente de fertilización con TMC se obtuvo mayor contenido de P disponible 26.33ppm., Fe 289.50ppm., Mn 30.0ppm.y S 62.67ppm. El análisis foliar determinó mayor porcentaje para N 3.08, K 1.36, Ca 1.33, Mg 0.34, Fe 110.3, Zn 19.33, Cu 5.3 y Mn 29.17 con la fuente de fertilización convencional. En la evaluación económica, el tratamiento más económico fue: variedad Night Fever con la fuente de fertilización con TMC (V2F2), resultando que por cada dólar invertido logró un retorno de \$5,65.

PALABRAS CLAVE:

- **TECNOLOGÍA MICRO CARBONO**
- **NUTRICIÓN VEGETAL**
- **CULTIVO DE ROSA**

ABSTRACT

In the floriculture project of the Agricultural Engineering career IASA, the response of two varieties of rose (*Rosa* sp.) Sonrisa and Night Fever to two sources of conventional fertilization and micro carbon (TMC) technology in a crop cycle was evaluated. Between the months of June to September 2016, a completely random design was implemented in factorial arrangement (2x2) with four treatments and three repetitions. For the statistical validation, the 5% Scheffé test was used for the factors varieties, sources of fertilization and for the interactions. The variables were divided into two groups: agronomic and laboratory. The treatments evaluated with the source of fertilization with TMC obtained better averages for the variables: diameter of button 33.60 mm and diameter of stem 4.58mm; in the laboratory variables, for the soil analysis, it was determined higher electrical conductivity 1.35 mS.cm⁻¹, organic matter 4.18%, NO₃ 29.67ppm., K 73.33ppm., B 2.28ppm and total P 114.67 with the source of conventional fertilization; with the source of fertilization with TMC, higher P content was obtained at 26.33ppm., Fe 289.50ppm., Mn 30.0ppm.y S 62.67ppm. The foliar analysis determined a higher percentage for N 3.08, K 1.36, Ca 1.33, Mg 0.34, Fe 110.3, Zn 19.33, Cu 5.3 and Mn 29.17 with the conventional fertilization source. In the economic evaluation, the most economical treatment was Night Fever variety with the source of fertilization with TMC (V2F2), resulting in a return of \$ 5.65 for every dollar invested.

KEYWORDS:

- **MICRO CARBON TECHNOLOGY**
- **VEGETAL NUTRITION**
- **ROSE CROP**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

En Ecuador se cultiva flores desde hace 30 años aproximadamente. Es una actividad que genera la mayor parte de divisas y empleo para el país, se registra que en febrero del 2017 se exportó 115.5 millones de dólares con un incremento del 1.13% en comparación al 2016, cerca de 115000 personas fueron empleadas de forma directa e indirecta (Expoflores, 2017). Dentro de los reportes del Banco Central del Ecuador en el 2017, muestra que el sector florícola se ubica en el tercer lugar que genera ingresos económicos por exportaciones no petroleras al país, le antecede la producción de banano y camarón (Expoflores, 2017).

Durante el desarrollo de esta actividad florícola, los técnicos enfatizan en el manejo de la fertilización, por ser un rubro de gran importancia dentro de los costos de producción y que podría causar un gran impacto ambiental si no hay un manejo técnico adecuado (Ramírez, Gómez, & Flóres, 2011). La tendencia al monocultivo y a intensificar al cultivo de rosas ha provocado la pérdida de áreas productivas durante los últimos años. En la actualidad se busca nuevas tecnologías en fertilización, ya sea de origen orgánico y/o sintético que permitan la conservación de los agro ecosistemas con el objeto de recuperar, mantener y fortalecer los suelos (Jácome, 2010).

La FAO alerta las posibles consecuencias que traería un manejo inadecuado del suelo para las futuras generaciones; también da las pautas para disminuir la erosión y contaminación del suelo; entre las cuales está un manejo inteligente de los fertilizantes (Montanarela, 2016). Dentro de la floricultura el uso de fertilizantes orgánicos ha sido mínimo, a pesar de que abonos como los vermicompuestos líquidos aportan elementos de forma más disponible para las plantas, mejoran las características físicas del suelo y la productividad (Ramírez, Gómez, & Flóres, 2011).

Desde 1973 se patenta la Tecnología de Micro Carbono™ (TMC), que es una tecnología única de nutrientes acomplejados con moléculas muy pequeñas de carbono (1 a 6 anillos de C), utilizando la leonardita como fuente de carbono, la misma que es un carbón inmaduro, altamente oxidado con un alto contenido de C; a diferencia de los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos que son macromoléculas (1000 y 100 anillos de carbono respectivamente), de elevado peso molecular y presentan una estructura compleja con diversos grupos funcionales (carbóxilo, hidróxilo) (Humagro H. , 2015). Gracias a estos grupos funcionales, los ácidos húmicos tienen la capacidad de formar complejos estables con los iones metálicos (Zeledon, Lao, Gamisans, & Solé, 2004).

Los ácidos húmicos y fúlvicos poseen cualidades para estimular el crecimiento general de la planta, mejoran la absorción y translocación de nutrientes y agroquímicos vía foliar y radicular, estimulan la germinación de semilla, promueven el desarrollo y crecimiento de las raíces y esquejes, todo esto reflejado en mejor productividad y calidad de los cultivos (Castañeda, Jaramillo, & Cotes, 2014). La TMC™ se basa en el tamaño molecular, trabaja con 1 a 6 anillos de carbono (C) con bajo peso molecular, más eficiente que los ácidos húmicos y fúlvicos (Humagro H. , 2015).

1.2 Planteamiento del problema de investigación

Las fincas productoras de flores, desde sus inicios (año 1980) han trabajado con fertilizantes sólidos convencionales, los cuales a través del tiempo han provocado salinidad de los suelos, aumentando la conductividad eléctrica, y disminuyendo la capacidad productiva de los suelos de las fincas.

Todo esto se ve plasmado en la productividad y calidad de rosas. El uso inadecuado de fertilizantes sólidos convencionales han causado los problemas ya mencionados, lo que ha motivado a los técnicos de la fincas a buscar nuevas alternativas en cuestión de fertilización, una de ellas es la TMC, que son fertilizantes líquidos con mayor eficiencia.

Esta nueva alternativa viene con especificaciones de proveedores de Estados Unidos de Norteamérica y no han sido evaluadas dentro del país, peor aún dentro del sector florícola. Las fincas no poseen una formulación de fertilización líquida ideal, que responda a las condiciones medio ambientales, edáficas y de requerimientos del cultivo de rosas por variedad, que permitan mejorar de forma sostenible la producción y calidad.

1.2.1 El problema

El problema a resolver es identificar una fuente de fertilización eficiente en el cultivo de rosas que permita mejorar la calidad e incrementar la producción con un adecuado manejo de suelo, cuidado del ambiente y que en términos de rentabilidad sean equiparables.

1.2.2 Los efectos

La fertilización inadecuada, prácticas de monocultivo a los que están expuestos los sistemas de producción de flores, llevan a tener suelos con altas conductividades eléctricas, deficiencias en el manejo del pH, menor calidad de tallos reflejados en la longitud del tallo y botón, deficiencias y menor productividad como consecuencia del agotamiento de los suelos. Lo que en el mediano y largo plazo tendrán consecuencias en los costos de producción y la rentabilidad, reduciendo la competitividad frente a otros países productores en los mercados internacionales.

1.2.3 Las causas

El desconocimiento de fuentes nuevas de fertilización, amigables con el ambiente que preserven los recursos naturales y se ajusten a los requerimientos nutricionales de las plantas son entre otras las causas para que se genere el problema que se tratara resolver con esta investigación; así como la escasa información e investigación sobre los fertilizantes con TMC.

1.2.4 Problema macro

El problema a resolver es identificar una fuente de fertilización eficiente en el cultivo de rosas que permita mejorar la calidad e incrementar la producción y productividad con un adecuado manejo de suelo, cuidado del ambiente y que en términos de rentabilidad sean equiparables.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Evaluar la respuesta de dos variedades de rosas (Night Fever y Sonrisa) a la aplicación de dos fuentes de fertilización: hidrosoluble convencional y líquida con Tecnología de Micro Carbono TM en el cantón Rumiñahui, Pichincha, Ecuador.

1.3.2 Específicos

Determinar variables agronómicas que permitan identificar la calidad y productividad en el cultivo.

Evaluar las variables que se obtengan del laboratorio a fin de concatenar con la calidad y producción del cultivo.

Evaluar el o los tratamientos más económicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivo de rosa (*Rosa sp.*)

2.1.1 Origen

La rosa es la planta más antigua que actualmente se encuentran en los jardines. Hace miles de años las civilizaciones de Oriente ya las apreciaban, los chinos hacia el año 2700 A.C. cultivaban y apreciaban esta planta (Faisten, 1997).

El género *Rosae* consta de una multitud de especies distribuidas ampliamente por todo el mundo (López, 1981, pág. 15). Sin embargo según (Pizano, 2003), entre las especies actualmente aceptadas existen 120 especies que pertenecen al género *Rosae*, de las cuales 8 provenientes de tres regiones geográficas (el lejano Oriente, Europa y la parte oriental del Mediterráneo) que han contribuido al desarrollo de las variedades modernas de rosa.

2.1.2 Clasificación taxonómica

La rosa pertenece al reino vegetal, división espermatofitos, subdivisión angiopermas, clase dicotiledónea, orden rosales, familia rosácea, tribu roseas, género rosa y especie *Rosa sp.* (Yong, 2004).

2.1.3 Características botánicas

La planta de rosa es un arbusto leñoso con hojas compuestas (imparipinadas) dispuestas en forma de espiral con respecto a la flor principal (PPO & Naaldwijk, 2001). La raíz es pivotante proporcionalmente pequeña, entre el 5 al 10 % del peso total (López, 1981). La flor es bisexual, debido a que presenta al mismo tiempo pistilos y estambres (Faisten, 1997).

2.2 Variedades de rosas

En Ecuador se siembra, produce y exporta alrededor de 450 variedades en pequeñas extensiones de terreno, existen 4 programas locales de hibridación donde se obtienen nuevas variedades que cumplen con parámetros de productividad, vida en florero y tamaño de botón (Expoflores, 2013). Las variedades definidas según el color de la flor, longitud del tallo, forma y color de las hojas, características internas (genotipo) y externas (fenotipo) deben ser homogéneas y mantenerse en el tiempo (López, 1981).

2.2.1 Variedades de rosa a ser evaluadas en la investigación

2.2.1.1 Variedad Sonrisa

El creador de la variedad es De Ruiter, denominó a la variedad como Sonrisa de forma comercial. Las flores son de color amarillo intenso que no decoloran al abrir ya sea en campo o en florero. Es una variedad muy productiva (1.5 tallos. planta⁻¹ por mes), con una longitud de tallo de 50 a 70cm y tamaño de botón de 5.5 mm con 34 pétalos en promedio, presenta resistencia a enfermedades y maltratos lo que la convierten en una alternativa para el mercado, la duración en florero es de 10 a 12 días. La duración del ciclo de cultivo está en el rango de 60 a 84 días (DeRuiter, 2010).



Figura 1 Variedad Sonrisa

2.2.1.2 Variedad Night Fever

El creador de la variedad es De Ruiter, denominó a la variedad como Night Fever de forma comercial. Es una variedad de alta producción ($1.2 \text{ tallos} \cdot \text{planta}^{-1} \cdot \text{mes}^{-1}$), la longitud de sus tallos son de 50 a 80cm con flores de color rojo, con un tamaño de botón de 5 a 7cm y de 30 a 33 pétalos en promedio por flor. La duración del ciclo de producción es de 60 a 84 días, el tiempo de vida en florero está entre los 10 a 12 días (DeRuiter, 2010).



Figura 2 Variedad Night Fever

2.3 Condiciones agroclimáticas adecuadas para el cultivo de rosas

El cultivo de rosas dentro de las condiciones climáticas para su adecuado desarrollo requiere de 2000 a 2500 mm de precipitación por año, una humedad relativa entre el 75 y 80%, temperaturas entre 24 a 40°C y la cantidad de luz de 800 micro Einstein por segundo y por centímetro cuadrado (Faisten, 1997).

2.4 Requerimientos edáficos

2.4.1 Textura

Para cultivar rosas se recomienda un suelo con textura franco (40% arena, 40% limo y 20% de arcilla aproximadamente), debido a que este tipo de suelos presentan un buen drenaje, adecuada capacidad de retención de nutrientes y agua, sin embargo el cultivo de rosas se adapta a suelos con texturas arenosas o arcillosos, tomando en cuenta los cuidados necesarios para cada caso (Tipanta, 2008).

2.4.2 Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno según (Ortíz, 2008) es un indicador del grado de acidez o alcalinidad de una solución, está definido como el logaritmo negativo de la concentración actual de iones hidrógeno, que se expresa en moles por litro y afecta a la disponibilidad de nutrientes para los cultivos (ver figura 3).

El pH de una solución se encuentra en rango de 0 (acidez máxima, mayor concentración de $[H^+]$) a 14 (basicidad máxima, menor concentración de $[H^+]$). Aunque un pH es considerado como neutro (ni ácido ni alcalino), no es óptimo para el agua de riego o las soluciones de sustrato, la mayoría de las especies vegetales crecen en un pH ligeramente ácido (6.2 a 6.8) en medios que contengan una cantidad apreciable de tierra y de 5.6 a 6.2 en sustratos artificiales (sin tierra) (Wm. Reed, 1996).

El pH menor a 5 puede inhibir la elongación celular según (Pizano, 2003) .Un pH bajo amplía la absorción de hierro, manganeso, zinc, cobre; y disminuye la absorción de molibdeno, calcio, magnesio; por otro lado un pH alto aumenta la absorción de molibdeno y reduce la absorción de hierro, manganeso, zinc, cobre, boro (Wm. Reed, 1996). Según (PPO & Naaldwijk, 2001) siempre que exista una buena disponibilidad de nutrientes en el cultivo de rosa a pH entre 5 y 7,5 rara vez afecta el crecimiento de las raíces, para lo cual (Sánchez, 2000) cita que este rango de pH se considera un valor extremo.

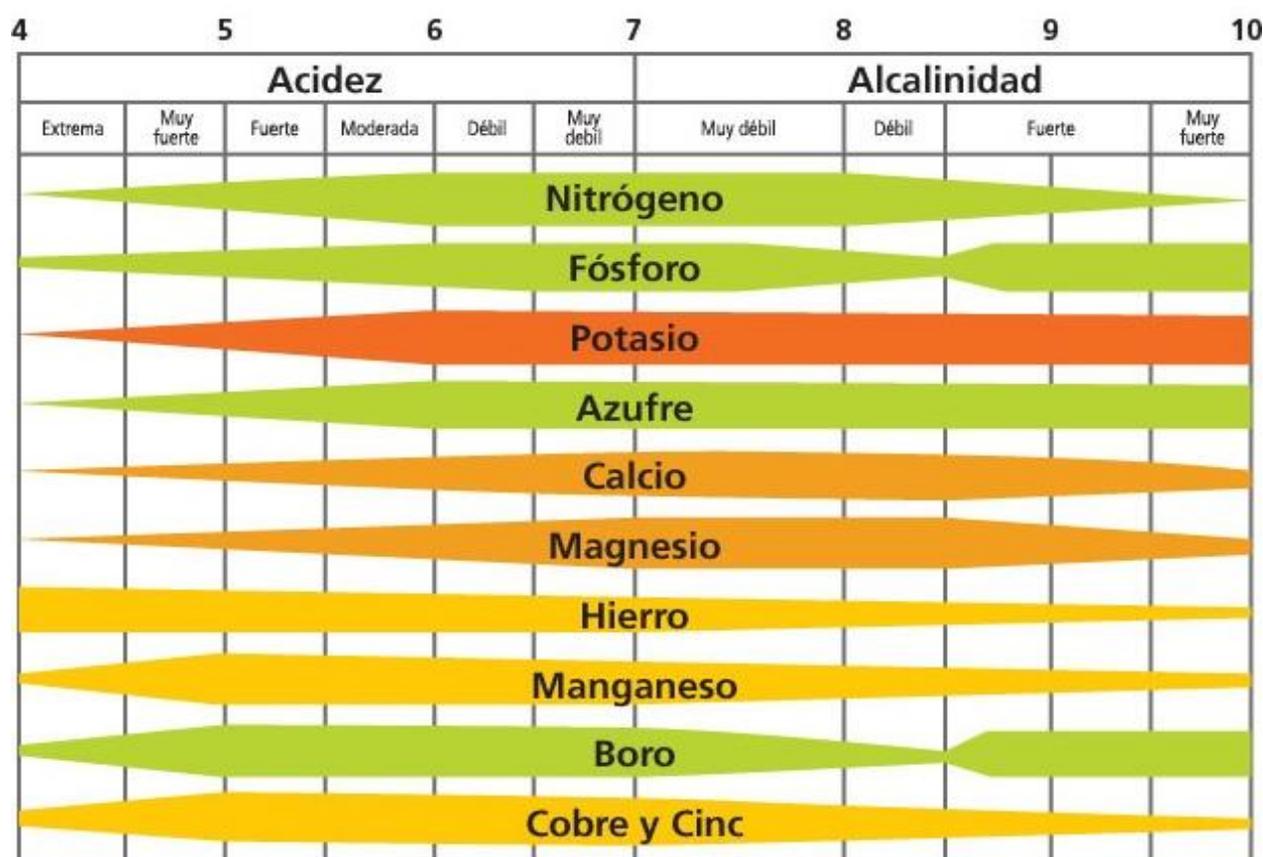


Figura 3 Disponibilidad de nutrientes para las plantas en función del pH del suelo
Fuente: (Horticultivos, 2017)

2.4.3 Conductividad eléctrica (C.E)

Es un parámetro al que algunas veces se hace referencia como conductancia específica, salinidad o contenido de sales (Wm. Reed, 1996). Según (Ortíz, 2008) es la capacidad que tiene una sustancia para transportar corriente eléctrica, se expresa en Siemens por metro ($S \cdot m^{-1}$) o mho por metro ($mho \cdot m^{-1}$); la C.E depende de la temperatura, el punto de referencia es $25^{\circ}C$ y todas las lecturas deben corregirse en función de este parámetro.

En el agua pura la C.E es de $5 \times 10^{-5} dS \cdot m^{-1}$, cuando se adiciona sales o fertilizantes tiende a incrementar por la mayor cantidad de iones disueltos (electrolitos). Existe variación de la concentración de sales en el agua de riego (de tipo temporal) y en la solución del suelo (de tipo espacial), debido a que en el agua de riego, depende de las características geológicas y climatológicas de la zona donde se produce y transporta el agua; en la solución del suelo el incremento de sales dependen del proceso de meteorización del material parental, sales depositadas por el agua y fertilizantes suministrados a los cultivos. En invierno la C.E es menor debido a la dilución que provocan las lluvias y es mayor en verano por la concentración o precipitación de sales que genera la evaporación. Cuando se utiliza riego localizado, la concentración y la distribución de las sales en el perfil dependerán del patrón de humedecimiento del método de riego que se utilice, de la programación de riego y de la frecuencia de riego (Ortíz, 2008). Según López Julio (1981) la salinidad proviene de los fertilizantes y del agua de riego.

La salinidad está determinada por la C.E que tiene un suelo, el valor dependerá del tipo de análisis que se haga ya que varía si es una dilución 1:2, 2:5 o si se realiza una pasta saturada, si en una muestra de suelo se realiza un análisis con una dilución 2:1 nos da un valor de 0.8 mho.m^{-1} , este resultado varia si se realiza una pasta saturada a $1.2-1.8 \text{ mho.m}^{-1}$, también varía en función del tipo de suelo así tenemos que en suelos arenosos tiene una C.E de $1.2-1.8 \text{ mho.m}^{-1}$, un suelo medio $2-2.5 \text{ mho.m}^{-1}$ y un suelo pesado de $2.5-3 \text{ mho.m}^{-1}$ (Faisten, 1997).

Si la concentración de sales en el suelo tiende a incrementarse, el potencial osmótico también se incrementa y se reduce el agua disponible para las plantas por la hidratación de las sales (Ortíz, 2008). En el cultivo de rosa el rango adecuado está entre 1 y $1,5 \text{ mS.cm}^{-1}$, los niveles de C.E por encima de 3.5 mS.cm^{-1} conducen a pérdidas de productividad (PPO & Naaldwijk, 2001).

2.5 Requerimiento nutricional del cultivo de las rosas

En general los vegetales pueden sintetizar su alimento a partir del dióxido de carbono y del agua, con ayuda de la luz (Fotosíntesis) (López, 1981). La materia orgánica (planta) está formada por carbono (42%), oxígeno (44%), hidrógeno (7%), también las plantas necesitan otro tipo de elementos indispensables (7%) como: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), Hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B), molibdeno (Mo), y cloro (Cl) (FAO, 2002).

La composición de las plantas está entre el 75 y el 85% de agua, siendo el resto materia seca, la mayor parte de materia seca está formada por compuestos orgánicos (almidones, azúcares, celulosa) y un 10% consta de compuestos inorgánicos llamados elementos nutritivos o nutrientes (PPO & Naaldwijk, 2001).

Los compuestos químicos del suelo al disolverse con el agua se disocian en dos tipos de iones, el ion con carga positiva (catión) y el ion con carga negativa (anión). Las plantas toman del suelo los elementos nutritivos en forma de iones como: para el N (Cación amonio y el anión nitrato), para el P (aniones fosfato) y para el potasio (catión potasio), salvo marcadas excepciones (Fuentes, 1999).

Todos estos elementos disueltos en el agua forman la solución del suelo, así las plantas al absorber el agua también absorben los elementos nutritivos (Fuentes, 1999). Según (Román, 2001) la planta en la absorción trabaja como una verdadera batería de auto ya que absorben iones, no fertilizantes como se observa en la figura 4.

Cationes (carga positiva)	K^+ , Ca^+ , Na^+ , Mg^+ , Cu^+ , Fe^+ , Mn^+ , Ni^+ , Zn^+ , NH_4^+
Aniones (Carga negativa)	NH_3^- , HPO_4^{-2} , $H_2PO_4^{-2}$, SO_4^{-2} , Cl^{-1} , MoO_4^{-1} , HBO_3^{-2} , $H_2BO_3^{-1}$, BO_3^{-3}

Figura 4 Aniones y cationes que absorben las plantas
Fuente: (Román, 2001)

2.6 Nutrientes esenciales para el cultivo de rosa

Los nutrientes en la solución del suelo se dividen en macro y micro nutrientes

2.6.1 Macronutrientes

Nutrientes que necesita la planta en grandes cantidades, los mismos se dividen en:

2.6.1.1 Nutrientes primarios (N, P, K)

Nitrógeno: Es el motor de la planta, absorbido en la forma de nitrato (NO_3) o de amonio (NH_4^+), en la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para la formación de amino ácidos y proteínas, el mismo que está involucrado en el desarrollo vegetal y el rendimiento.

Fósforo: Su papel importante está en la transferencia de energía, además es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico - fisiológicos. Interviene en el proceso de diferenciación celular y en el desarrollo de los tejidos.

Potasio: Es un activador de enzimas (más de 60), por ello es vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, mejora el régimen hídrico de las plantas y le permite tolerar sequías, heladas, salinidad y además sufren menos ataque de enfermedades.

2.6.1.2 Nutrientes secundarios (Ca, Mg, S)

Calcio: Esencial para el crecimiento radicular y como un constituyente del tejido celular de las membranas.

Magnesio: Es el constituyente de la clorofila, cerca del 15 al 20% de Mg se encuentra en las partes verdes de la planta y también se incluye en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de la planta.

Azufre: constituyente esencial de proteínas y está involucrado en la formación de la clorofila, también es importante en el crecimiento de la planta.

2.6.2 Micronutrientes

Son nutrientes que la planta absorbe en pequeñas cantidades, son equivalentes a las vitaminas que consumen los humanos, entre los principales están: boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y el cloro (Cl). Algunos micronutrientes a niveles altos pueden ser tóxicos para las plantas, esto ocurre por lo general cuando el pH es bajo (FAO, 2002).

2.7 Recomendación nutricional para el cultivo de rosa

Varios estudios se han realizado para conocer los requerimientos nutricionales de la rosa, según (Padilla A. , 2007), la absorción de nutrientes de la rosa, variedad Rockefeller es: macronutrientes en kg/ha/año: N=277, P=30, K=132, Ca=74, Mg=85, S=9 y de Micronutrientes en g/ha/año: Cu=99, Fe=1,016, Mn=2,551, Zn=639, B=748.

Por otro lado existen formulaciones estándar con los requerimientos nutricionales como plantea (PPO & Naaldwijk, 2001), que para un sistema de producción abierto se debería aplicar macronutrientes en mmol. L⁻¹ de: NH₄=1.5, NO₃=11.0, P=1.25, K=4.5, Ca=3.25, Mg=1.125, SO₄=1.25, de Micronutrientes en μmol. L⁻¹ de: Fe=25, Mn=5, Zn=3.5, B=12, Cu=0.75, Mo=0.5, tomando una CE en mS cm⁻¹ de 1.6.

2.8 Fertilizante

Es un producto químico (sal inerte sin carga) que aporta nutrientes a las plantas, en contacto con el agua del suelo o de una solución, se disocia dejando nutrientes en forma iónica, es decir, especies químicas con carga positiva (cationes) y con carga negativa (aniones) (Román, 2001). Según la (FAO, 2002) el fertilizante debe tener al menos el 5% de nutrientes primarios.

2.8.1 Fertilizantes solubles convencionales

Es la materia prima mineral cristalizada de origen natural o sintetizado de forma industrial, que contiene uno o dos nutrientes esenciales para los cultivos. En general es una sal o una molécula compuesta por un catión y un anión (ej. Fosfato mono amónico, NH₄HPO₄, catión NH₄⁺ más anión HPO₄⁻). La mezcla de las materias primas que sean física y químicamente compatibles pueden dar origen a los fertilizantes solubles NPK.

2.8.1.1 Clasificación de los fertilizantes solubles

Según el estado físico se clasifican en sólidos que son fertilizantes formulados en finos cristales o en polvo, en contacto con el agua se solubilizan por completo; y líquidos que son fertilizantes solubilizados en agua con una alta concentración, listos para ser inyectados en dilución o fertilizantes de baja concentración para uso e inyección inmediata en los sistemas de aplicación (Román, 2001).

Según el número de nutrientes que portan los fertilizantes están divididos por la composición, así tenemos: fertilizantes simples que contienen un solo nutriente primario; fertilizantes binarios que aportan dos nutrientes Ejemplo: Nitrato de Potasio; fertilizantes multinutrientes, complejos o mezclas NPK contienen en su composición más de dos nutrientes primarios, este tipo de fertilizantes a su vez se dividen en: fertilizantes complejos (cada gránulo contiene la fórmula declarada de nutriente), fertilizantes compuestos (Contiene nutrientes granulados en diferentes proporciones) y mixtos (mezclas mecánicas de fertilizantes simples) (FAO, 2002).

Según el nutriente principal que aportan se puede encontrar fertilizantes nitrogenados en el cual el aporte principal es nitrógeno (N), fertilizantes fosfatados que aportan fósforo (P_2O_5) y fertilizantes potásicos que aporta potasio (K_2O).

2.8.1.2 Solubilidad de los fertilizantes

Según (Román, 2001) es la capacidad de disolución de la sal o molécula de fertilizante en agua, la solubilidad permite determinar la cantidad máxima de fertilizante a utilizar en un determinado volumen de agua (Guzmán & López, 2004).

La solubilidad está relacionada a la composición química y física de la molécula, lo cual incide en la velocidad de disolución, generalmente la diferencia de un fertilizante mal llamado no soluble de un fertilizante soluble es que el primero tiene en su composición impurezas insolubles en agua y el segundo solubiliza a un valor cercano al 100% ya que son electrolitos fuertes, en este concepto influye la pureza de la sal fertilizante (porcentaje de insolubles mínimo 0,01%) (Román, 2001).

Los fertilizantes poseen distintos grados de pureza, dependiendo de los procesos de extracción minera o industriales que según su precisión se obtienen los diferentes grados, asociados a distintos costos. Así se tiene el grado analítico (la sal está en su máximo grado de pureza cercano al 100%, utilizados en la investigación), grado refinado industrial (sal sometida a un proceso de doble o triple refinado y cristalización logrando una pureza cercana al 99,9% se usa en procesos industriales), grado técnico o hidropónico (sal a un 99,7% de pureza utilizado en sistemas hidropónicos cerrados) y el grado agrícola (con un 95-99% de pureza se usa en aplicación directa al suelo) (Román, 2001).

Los factores que influyen en la solubilidad de los fertilizantes está la temperatura, conductividad eléctrica y pH (ver tabla 1). La temperatura produce cambios en la reacción, la mayoría de fertilizantes tienen una reacción endotérmica (nitratos, urea, amonio), es decir enfrían el medio, mientras más fría es el agua menor es el fertilizante que se puede utilizar. La conductividad eléctrica es una medida de concentración salina, a mayor concentración salina mayor es la conductividad de electricidad (Román, 2001).

Tabla 1

Solubilidad (g L⁻¹), conductividad eléctrica (C.E.) y pH de fertilizantes solubles para fertirriego

Fertilizante	SOLUBILIDAD				C.E mmhos.cm ⁻¹	pH
	0°C	20°C	40°C	100°C		
Nitrato de potasio	133	316	639	2452	1.3	7
Cloruro de potasio	282	342	403	562	1.9	6.6
Sulfato de potasio	75	111	148	241	1.4	7
Fosfato mono potásico	143	227	339		0.75	4.1
Nitrato de amonio	1.185	1.877	2.830		1.6	5.5
Sulfato de amonio	704	754	812	1.020	1.8	5.5
Fosfato di amónico	575	686	818	1.100	0.9	4.1
Fosfato mono amónico	227	368	567	1.740	0.8	4.9
Nitrato de calcio	1.010	1.294	1.960		1.2	6.5
Cloruro de calcio	603	745			1.6	
Sulfato de magnesio hept.		356	454		0.8	5.6
Nitrato de magnesio	639	701	818		0.5	6
Cloruro de sodio		359	364	392	2	
Urea	670	1.080	1.670	2.510	0.015	5.8
Ácido bórico	270	500	870			
Ácido fosfórico					1.8	2.5

Fuente: (Román, 2001)

Esta concentración se obtiene al medir 1 gramo de fertilizante en un litro de agua a 20°C. El pH es una medida de la concentración de iones H⁺ en medios sólidos o líquidos, todos los fertilizantes tienen distinto pH en solución, este parámetro se mide en una solución de 1 gramo por litro de agua a 20°C.

2.8.2 Productos usados como fuente de fertilización hidrosoluble convencional

En el siglo XIX inicia la industrialización de los fertilizantes, bajo el esquema de la figura 5, se muestra de donde provienen las fuentes de fertilización convencional.

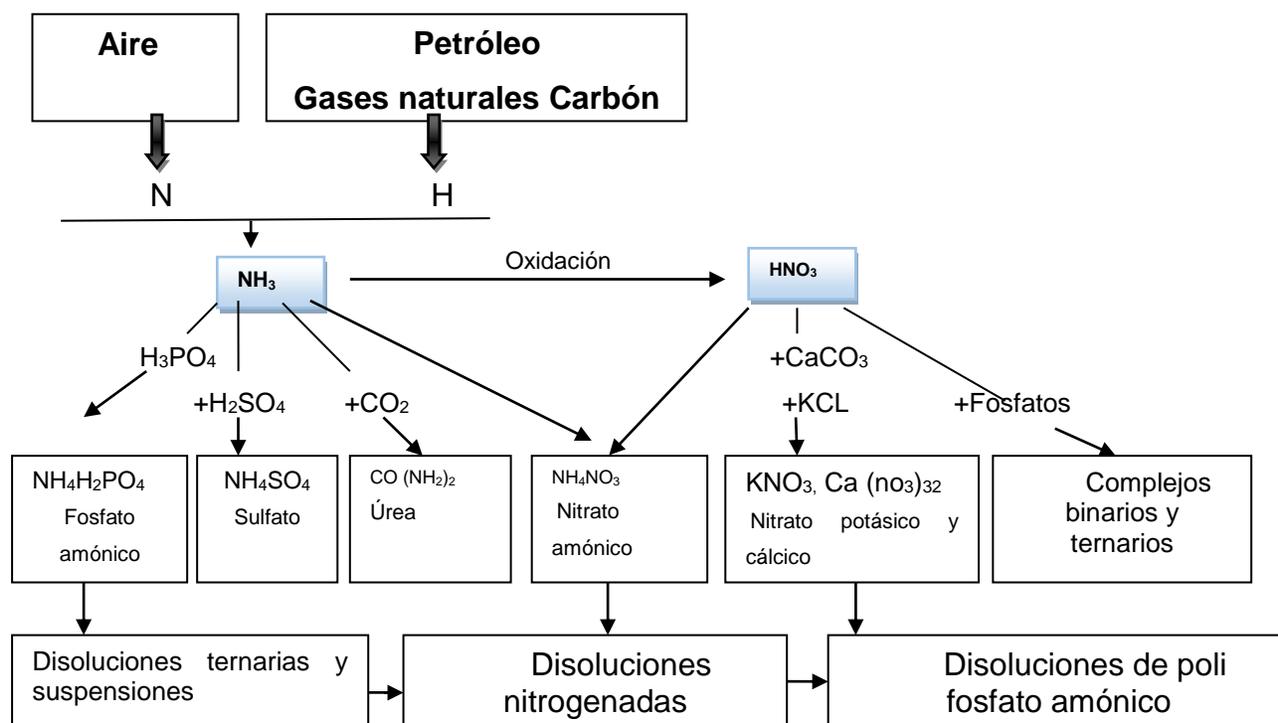


Figura 5 Esquema general de obtención de fertilizantes nitrogenados
Fuente: (García & García, 2014)

2.8.2.1 Nitrato de Calcio (Ca (NO₃)₂)

Según (García & García, 2014) es un producto obtenido por la reacción del ácido nítrico con carbonato cálcico (calizas): $2\text{HNO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{Calor}$. También puede ser preparado a partir de una disolución acuosa de nitrato de amonio e hidróxido de calcio: $2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NH}_4\text{OH}$. Producto en forma de cristales blancos higroscópicos y de rápida asimilación por las plantas, aun en épocas secas, tiene un índice salino de 52.5 a 60. Su riqueza nitrogenada del 15 y 16%, teniendo casi todo su contenido en forma nítrica, en ocasiones el 1% en forma amoniacal, el contenido de óxido de calcio (CaO) es 26.5%, una solubilidad a 20°C en agua de 121.2 g.100mL, el coeficiente de higroscopicidad a 20°C de 44.6. La densidad (g/cm³) de 1.1, con un índice de alcalinidad de 21.

2.8.2.2 Nitrato de Potasio (KNO₃)

Conocido como sal nitro, es un producto en forma de cristales de color blanco muy antiguo, los egipcios lo usaban para fabricar cristal, los chinos para obtener pólvora, en Chile se inició el uso como fertilizante; este producto se puede obtener por cuatro reacciones químicas, haciendo reaccionar el nitrato de sodio con el cloruro de potasio: $\text{NaNO}_3 + \text{KCl} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{NaCl}$. También por reacción de doble descomposición en disolución acuosa a una temperatura superior a 60°C del nitrato de amonio con cloruro de potasio: $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$. Otra reacción que se usa en la actualidad es tratar el cloruro de potasio con una disolución acuosa con un 50% de ácido nítrico: $\text{KCl} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{KNO}_3$. Finalmente se puede obtener por reacción entre el cloruro de potasio y ácido nítrico con formación de Cl₂: $4\text{HNO}_3 + 3\text{KCl} \rightarrow 3\text{KNO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{NOCl} + \text{H}_2\text{O}$. Es un producto poco higroscópico, permite el almacenaje seguro. Dentro de las características del producto están el contenido de nitrógeno de 13.5%, y 46% de K₂O; la solubilidad a 20°C en agua es de 31.6 g/100mL, densidad de 2.1 g/cm³. El índice de basicidad es de 23 y el índice de salinidad de 74; el punto de fusión es de 333°C (García & García, 2014).

2.8.2.3 Fosfato Monopotásico (P₂O₅ 51%)

El contenido en P₂O₅ varía de 48 a 61%, depende de la cantidad de impurezas del ácido utilizado. Para la obtención se hace reaccionar una relación 1:1 de amonio (NH₄) y ácido fosfórico (H₃PO₄), la pasta semilíquida obtenida se solidifica en un granulador. Otro método es introducir amonio (NH₄) y ácido fosfórico (H₃PO₄) en un reactor de tubos donde la reacción genera calor para evaporar agua y solidificar el fosfato monopotásico.

Dentro de las características del fosfato monopotásico es un producto granulado de color blanco, con un contenido de nitrógeno del 10 al 12%. La solubilidad a 20°C en agua es de 370 g/100mL, una densidad de 1g/cm³. La conductividad eléctrica de 1g/L a 25°C es de 0.7mS/cm y el pH de 4.5 (García & García, 2014).

2.8.2.4 Ácido Nítrico (HNO₃)

Es un líquido cuyo color varía de incoloro a amarillo pálido, de olor sofocante. Es soluble en agua, generándose calor. No es combustible pero puede acelerar el quemado de materiales combustibles y causar ignición. Es corrosivo de metales y tejidos. Las características principales del ácido nítrico son el contenido de hidrógeno de 1.6%, nitrógeno 22.23%, oxígeno 76.17%. tiene un punto de ebullición de 86°C, densidad de HNO₃ al 60% de 1.36 g/cm³ y un pH de 1 (GTM, 2016)

2.8.2.5 Hierro quelatado con EDDHSA

Fertilizante en polvo de color marrón quelatado para aplicación al suelo o fertirriego, el contenido de ácido etilén- diamino di-orto-hidroxi-fenil-acético (EDDHSA) con hierro total en posición orto-orto. Entre las características del hierro quelatado está el contenido de hierro del 6%, la solubilidad a 20°C en agua es de 50 g/100mL, el potencial de Hidrógeno en solución al 10% es de 8.5 (Cadaña, 2000).

2.8.2.6 Manganeso quelatado con EDTA

Fertilizante quelatado con ácido etilén-diamino-tetraacético (EDTA) para aplicación foliar, al suelo o fertirriego. Las características principales es un polvo blanco con el contenido de manganeso del 9%, la solubilidad a 20°C en agua es de 70 g/100mL y el potencial de Hidrógeno en solución al 10% es de 6.5 (Cadaña, 2000).

2.8.2.7 Zinc quelatado con EDTA

Fertilizante quelatado con ácido etilén-diamino-tetraacético (EDTA) para aplicación foliar, al suelo o fertirriego. Los productos vienen con una presentación el polvo de color blanco con un contenido de zinc del 15%, la solubilidad a 20°C en agua es de 70 g/100mL y el potencial de Hidrógeno en solución al 10% de 6.5 (Cadahía, 2000).

2.8.2.8 Cobre quelatado con EDTA

Fertilizante quelatado con ácido etilén-diamino-tetraacético (EDTA) para aplicación foliar, al suelo o fertirriego. La característica principal es la presentación en polvo de color turquesa, el contenido de Cobre del 9%, la solubilidad a 20°C en agua es de 70 g/100mL y el potencial de hidrógeno en solución al 10% de 6.5 (Cadahía, 2000).

2.8.3 Fertilizantes líquidos con Tecnología Micro-Carbono (TMC)

Los fertilizantes líquidos son materias primas derivadas de procesos industriales especialmente para ser usadas en fertirriego. Este tipo de fertilizantes tienen distintos tipos; están las soluciones ácidas (no confundir con ácidos para fertirriego), las suspensiones y las mezclas líquidas NPK, realizadas a partir de fertilizantes solubles (Román, 2001).

La tecnología de micro carbono (TMC) fue patentada en 1973 en una mina de la empresa Huma-gro localizada al noreste de Estados Unidos. La tecnología maneja tres componentes bioquímicos, en especial compuestos orgánicos (leonardita), subproductos biológicos (extracto de algas y bacterias) y los nutrientes minerales. Los minerales (fertilizantes) están acomplejados a moléculas orgánicas muy pequeñas que forman un coloide orgánico de 1 a 6 anillos de carbono llamada TMC.

Se hace relación a que una molécula de ácido Húmico en su composición posee miles de anillos de carbono, los ácidos Fúlvicos cientos de anillos de carbono y la TMC de 1 a 6 anillos de carbono. El uso de esta nueva Tecnología en los sistemas de producción mejora la reproducción y actividad de Microorganismos benéficos, capaces de mejorar la estructura del suelo, la absorción de nutrientes y la supresión de plagas en los cultivos (Agrosa, 2014).

2.8.3.1 Leonardita

Según (Jackson, 1993), es un material rico en ácidos húmicos y fúlvicos de origen vegetal, transformada debido a las deposiciones sucesivas de sedimentos sobre los restos vegetales sumergidos, es lo que hizo actuar como factores de temperatura y presión, enterrando progresivamente estos restos y conduciéndolos a su carbonización.

Desde el punto de vista geoquímico y bioquímico, el proceso de carbonización de los restos vegetales se divide en tres etapas:

Primer proceso se llama diagénesis que es la etapa en que la materia orgánica recibe transformaciones físicas y químicas desde que comienza a enterrarse hasta que alcanza una profundidad de 100 metros, aquí desaparece la actividad Microbiana. Los restos alterados se unen a la fracción inorgánica del suelo y comienza a formar una roca incipiente roca sedimentaria. Esta etapa se subdivide en diagénesis inicial, aquí se realizan procesos de degradación Microbiana anaeróbica, degradación química y polimerización. La otra etapa es la diagénesis orgánica, aquí predominan los procesos de reducción, decarboxilación, deshidratación, demetilación, deaminación y ciclación.

El segundo proceso es la carbonización donde la materia orgánica alterada por diagénesis se transforma en lignitos, carbones bituminosos y carbones antracíticos. Esta etapa está regulada por el aumento progresivo de los factores: presión, temperatura y tiempo, teniendo un carácter geoquímico principalmente.

El tercer proceso se llama metamorfismo es la etapa en la que por efectos de elevada presión y temperatura los carbones se alteran en grafito en periodos de tiempo corto.

La Leonardita se forma durante la primera parte de la diagénesis; es decir, a lo largo de la diagénesis inicial, sin haber sufrido ninguno de los procesos asociados a la diagénesis orgánica. Este material resulta idóneo para la agricultura debido a que no ha perdido su estado de oxidación ni sus grupos carboxílicos. Es precisamente el contenido de oxígeno de la Leonardita lo que le permite poseer una cantidad envidiable por otras materias primas de sustancias húmicas y de grupos funcionales conteniendo oxígeno (carboxilo, metóxilo, carbonilo, hidroxilo, fenoles, éteres, entre otros). Estos grupos funcionales son los que condicionan la efectividad agronómica de las fracciones húmicas y Fúlvicos obtenidas de cada materia prima y los que van a contribuir a darles el elevado nivel de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) como muestra la tabla 2.

Tabla 2*Capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los coloides del suelo*

Origen	Coloide	CIC (meq/100g de coloide)	Tipo
Mineral	Caolinita	3-15	Arcilla
Mineral	Ilita y Clorita	10-40	Arcilla
Mineral	Montmorillonita	80-150	Arcilla
Mineral	Vermiculita	100-160	Arcilla
Materia Orgánica	Humus	300-500	Humus
Tecnología Micro Carbono (TMC)		2500	Leonardita

Fuente: (Agromicrobiotech, 2017)

2.8.3.2 Beneficios de la tecnología micro carbono

Es una tecnología no selectiva ya que forma complejos con iones positivos como negativos (cationes y aniones). Utiliza materia orgánica altamente oxidada que contiene grupos funcionales a base de carbono químicamente activos. La molécula orgánica es muy pequeña lo que le hace aumentar la eficiencia de los fertilizantes y protege los nutrientes de que se retengan en el suelo y así quedan disponibles para la planta. Tiene una mayor superficie de contacto, debido al fraccionamiento, división o refinación de moléculas ricas en carbono. La forma de aplicación es versátil, se adapta a los requerimientos en campo, puede ser aplicada al suelo de forma directa, a través de cualquier sistema de fertirriego o en aplicaciones foliares (Humagro, 2017).

2.8.4 Productos con tecnología micro carbono (TMC)

Todos los productos con TMC vienen en una presentación líquida concentrada, provenientes de un proceso de biodigestión con algas de agua dulce, Huma Gro es la línea nutricional de Bio Humanetics. Tiene tres componentes que generan una sinergia perfecta: derivados biológicos, extractos de algas y bacterias (metabolitos, polisacáridos, aminoácidos, enzimas y hormonas naturales). Nutrientes: macro y micro, vitaminas y catalizadores. Compuestos Fenólicos: Micro Carbono (refinados de leonardita).

Otra cualidad de los productos con TMC es que son compatibles entre ellos en mezcla acuosa siempre y cuando se respete un orden de mezcla en función del pH especificado para cada producto, desde el más ácido al más básico (Humagro, 2017).

2.8.4.1 Super Nitro

Es una fuente de nitrógeno derivado de la urea y nitrato de amonio acompañada con TMC, puede ser aplicada al suelo o foliar sin riesgo de provocar fitotoxicidad en las dosis recomendadas. Contiene un 30% de nitrógeno y un 4% de TMC, presenta una densidad de 1.29 gramos por centímetro cúbico y un pH de 7.5 a 8.

2.8.4.2 Phos – Max

Es una formulación de Fósforo derivado del Ácido Fosfórico acompañada con TMC que puede ser aplicada al suelo o de forma foliar sin riesgo de provocar fitotoxicidad en las dosis recomendadas. Dentro de sus características se destacan que contiene un 50% de fósforo en la forma peróxido de fósforo (P_2O_5), tiene un 6% de TMC, una densidad de 1.52 gramos por centímetro cúbico y un pH menor a 1.5.

2.8.4.3 Super K

Es una formulación de Potasio concentrada derivado del Hidróxido de Potasio y acompañada con TMC, contiene enzimas y coenzimas para maximizar la absorción de potasio por las plantas. Promueve el movimiento interno de agua y ayuda a reducir las fisiopatías. Dentro de sus características se destacan que contiene un 40% de fósforo en la forma óxido de potasio (K_2O), tiene un 8.5% de TMC, una densidad de 1.47 gramos por centímetro cúbico y un pH de 12.5 a 13.5.

2.8.4.4 Calcium

Derivado del Nitrato de Calcio acompañado con TMC, maximiza la absorción de calcio y su translocación dentro de la planta, necesario para el crecimiento y la fortaleza celular. Contiene un 10% de calcio, 8% de nitrógeno y un 13% de TMC, una densidad de 1.39 gramos por centímetro cúbico y un pH menor a 1.

2.8.4.5 44 Mag

Es una formulación derivado del Sulfato de Magnesio acompañado con TMC. Dentro de sus características se destacan que contiene un 5.5% de azufre, 5% de magnesio y 4% de TMC, una densidad de 1.26 gramos por centímetro cúbico, un pH de 5 a 5.5.

2.8.4.6 Iron

Es una formulación derivado de la Úrea y Sulfato de Hierro acompañado con TMC. Características de Iron. Dentro de sus características se destacan que contiene un 12% de nitrógeno, 4% de azufre, 8% de hierro y 3.7% de TMC, con una densidad de 1.41 gramos por centímetro cúbico y pH de 2.5 a 3.5.

2.8.4.7 Manganese

Es una formulación a base de Manganese derivado del Sulfato de Manganese acompañado con TMC. Dentro de sus características se destacan que contiene un 2.5% de azufre, 5% de manganese y 9.3% de TMC, una densidad de 1.14 gramos por centímetro cúbico, un pH de 3.5 a 4.5.

2.8.4.8 Z-Max

Es una formulación derivado del Sulfato de Cobre, Sulfato de Manganese y Sulfato de Zinc acompañada con TMC que puede ser aplicada al suelo o de forma foliar sin riesgo de provocar fitotoxicidad en las dosis recomendadas.

Dentro de sus características se destacan que contiene un 5% de azufre, 2% de manganeso, 0.50% de cobre, 8% de zinc y 12.5% de TMC, una densidad de 1.37 gramos por centímetro cubico, un pH de 2.5 a 3.5.

2.8.4.9 Boron

Es una formulación derivado del Ácido Bórico acompañado con TMC. Dentro de sus características se destacan que contiene un 10% de boro y 5% de TMC, una densidad de 1.18 gramos por centímetro cubico, un pH de 6.5 a 7.5.

2.9 Aplicación de fertilizantes en el riego

Esta técnica es más conocida como fertirriego, es la aplicación de compuestos químicos nutritivos al cabezal de riego, una de las principales características que debe poseer un fertilizante para ser utilizado en la fertirrigación es que sea soluble en agua, para esto se debe tener en cuenta la calidad de agua de riego y del potencial nutritivo del suelo (Cadahía, 2000).

2.9.1 Como determinar la necesidad de los fertilizantes

Se debe saber cuáles nutrientes son necesarios en el fertilizante compuesto y cuánto de cada nutriente se necesita. Se puede determinar en función de las deficiencias presentes en la planta, análisis de suelos, análisis foliar y ensayos de validación de fertilizantes (FAO, 2002). En el sector florícola para conocer si la fertilización aplicada es correcta o si necesita de algún ajuste. Se usan dos métodos principales, el análisis de suelo y el análisis foliar (López, 1981).

Según (Calvache, 2015) el análisis de suelo con el análisis foliar están interrelacionados, los dos tipos de análisis son complementarios para realizar un diagnóstico, control y corrección de la nutrición de un cultivo, debido a que el análisis de suelo puede reflejar una adecuada concentración de un determinado elemento y resulta que a nivel de tejido vegetal (análisis foliar) la concentración de dicho elemento se encuentra por debajo de los estándares nutricionales establecidos. Dentro de las causas del porque los elementos presentes en el suelo no son asimilados por la planta pueden estar asociados al exceso de agua, falta de oxígeno cerca de la zona radicular, compactación desbalances nutricionales, salinidad, altas temperaturas, o cualquier otro factor de crecimiento y del clima.

2.9.2 Fertilización en función del análisis de suelos

Los análisis deben ser realizados cada 1 ó 2 meses, para conocer el porcentaje de nutrientes del suelo y determinar los nutrientes extraídos, además de proporcionar información sobre el pH, CE, % de materia orgánica, textura. Al momento de enviar a un laboratorio las muestras, nos deben indicar el método de extracción de nutrientes y la interpretación debido al uso de diferentes técnicas para determinar el porcentaje de nutrientes, de ahí que existe una variación en los resultados (Padilla W. , 2014).

Según (Ortega, 1996) menciona que el nivel ideal de un elemento en el suelo es un valor extrínseco al cultivo mismo, no demuestra el verdadero requerimiento nutricional fisiológico del cultivo. En el suelo hay factores como la textura del suelo (porcentaje y tipo de arcilla principalmente), el contenido de materia orgánica y el tipo de sustancias húmicas involucradas que determinan la oferta nutricional real, se deben tomar en cuenta al momento de realizar el análisis.

En el reporte de suelos del laboratorio uno de los principales análisis que se debe realizar es la capacidad de intercambio catiónico (CIC meq.100g^{-1}) como se muestra en la tabla 3 (Calvache, 2015). Por otra parte define (Cadahía, 2000) a la capacidad de intercambio catiónico como la suma de los cationes (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , entre otros) que pueden ser adsorbidos por una unidad de peso (o de volumen) del sustrato, dichos cationes así retenidos frente al efecto de lixiviación del agua y están disponibles para la planta. Esta propiedad de suelo permite condicionar los niveles ideales de los elementos para proporcionar a la planta una oferta nutricional adecuada y balanceada en cada tipo de suelo, además sintetiza los factores que intervienen en la disponibilidad de nutrientes desde la fase sólida a la fase líquida del suelo (Calvache, 2015).

Los valores de CIC menores a $5 \text{ meq. } 100\text{g}^{-1}$, nos dan la pauta de que un suelo tiene un bajo nivel de fertilidad; los valores mayores a $30 \text{ meq. } 100\text{g}^{-1}$, indican que son suelos muy arcillosos no aptos para el cultivo de rosas (Faisten, 1997).

Tabla 3

Guía para interpretar análisis de suelos para rosicultura, cuando se expresan en partes por millón (ppm), B=bajo; M=medio, A=alto

CIC Meq/100g PARAMETRO	<10			10-15			15-20			20-25		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
NH ₄	5	10	15	8	15	20	10	20	27	12	25	34
NO ₃	30	50	60	40	70	100	50	90	120	70	110	140
P	40	60	80	40	60	90	60	80	100	50	80	100
K	78	117	156	117	175	235	156	235	312	196	293	391
Ca	400	800	1200	800	1200	1800	120	1800	2400	1800	2400	3000
Mg	120	180	240	180	270	360	2400	360	480	300	450	600
Fe	20	60	100	40	80	120	60	100	140	80	120	160
Mn	3	5	10	5	10	15	10	15	18	15	18	21
Zn	1.5	2.5	3	2.0	3	4.0	2.5	4	6	3	5	7
Cu	0.7	1.25	1.5	1	1.5	2.0	1.5	2.0	2.5	2.0	2.5	3.0
B	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	1.0

Fuente (Calvache, 2015)

2.9.3 Fertilización en función del análisis foliar

El análisis se realiza en las hojas de 5 folíolos (hoja verdadera) contada desde el eje floral hacia abajo en el estadio pintando color ó dos rayas, debido a que a ahí se almacenan elementos nutritivos que han sido absorbidos del suelo. Así permite analizar y cuantificar químicamente los elementos o nutrientes que contiene el órgano de la planta a evaluar (Calvache, 2015). Según (Faisten, 1997) para que un análisis foliar sea fidedigno se debe cubrir al máximo el área de cultivo a evaluar, tomando submuestras en diferente ubicación. El resultado del análisis foliar está influenciado por factores como: el tipo de patrón, variedad, edad de la hoja y posición en la planta (estadio del tallo), factores ambientales, interacción entre elementos, factores patológicos, época de muestreo; para evitar esta variación cada cultivo tiene una determinada forma de tomar las muestras para enviar al laboratorio.

Existen valores referenciales de los elementos a nivel foliar de cada cultivo para la interpretación, en el caso de la rosa se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4

Intervalos para interpretar análisis foliares en plantas ornamentales de verano

	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
Rango			%				ppm		
Deficiente	<2.5	<0.2	<1.2	<0.8	<0.25	<70	<50	<5	<15
Normal	3-5	0.2-0.3	1.6-2.5	1-1.5	0.3-0.4	100-300	80-150	7-17	15-20
Exceso	>5	>0.4	>2.5			>400	>150	>18	>50

Fuente: (Calvache, 2015)

2.9.4 Fertilización en función de fórmulas estándar

En países desarrollados han generado investigación uniendo los parámetros anteriores para ajustar una fórmula estándar que aporte los nutrientes suficientes en un sistema hidropónico, semi hidropónico y en suelo, para la presente investigación se usó este método en el que la fórmula estándar para la producción de rosa en un sistema de producción abierto, macronutrientes en mmol. L⁻¹ de: NH₄=1.5, NO₃=11.0, P=1.25, K=4.5, Ca=3.25, Mg=1.125, SO₄=1.25, micronutrientes en μmol. L⁻¹ de: Fe=25, Mn=5, Zn=3.5, B=12, Cu=0.75, Mo=0.5, tomando una conductividad eléctrica en mS cm⁻¹ de 1.6 (PPO & Naaldwijk, 2001), realizando un ajuste con el análisis de agua (ver tabla 5).

Tabla 5

Resultado del análisis de laboratorio de agua, dilución ideal y aportes previstos

	Aniones (meq.L ⁻¹)					Cationes (meq.L ⁻¹)					CE (mS.cm ⁻¹)
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Agua de riego	0.00	0.00	0.00	1.92	0.28	0.00	0.25	0.19	1.65	0.74	0.20
Fórmula estándar	11	1.25	2.50	0.05	0.00	1.50	4.5	6.5	2.25		1.6
Aportes previstos	11	1.25	2.50	1.87	0.28	1.50	4.25	6.31	0.60	0.74	1.6

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del lugar de investigación

La presente investigación se realizó en los invernaderos de la Hacienda el Prado que pertenece a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE".

3.1.1 Ubicación política

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Rumiñahui
Parroquia:	Sangolquí
Sector:	San Fernando
Lugar:	Hacienda. El Prado

Fuente: (Cevallos, 2015)

3.1.2 Ubicación geográfica

Latitud:	0°23'20"Sur
Longitud:	78°24'44"Oeste

Fuente: (Chauca, 2012)

3.1.3 Ubicación ecológica

Formación ecológica:	Bosque húmedo Montano Bajo (b.h.M.B)
Altitud:	2748 msnm
Temperatura promedio:	14 °C
Temperatura máxima promedio:	18.5°C
Temperatura mínima promedio:	9.5°C
Luminosidad:	12 horas luz
Precipitación:	1200 mm año ⁻¹
Humedad relativa promedio:	68%
Fuente:	(MA-56, Serie 1998-2018)

3.1.4 Condiciones edáficas

Los suelos del IASA son derivados de ceniza volcánicos.

Textura: Franco limoso.

Fuente: (Luna, 2012)

3.2 Análisis de Suelo

Al iniciar la investigación, se realizó un análisis de suelo para conocer el estado nutricional inicial, se realizó la recolección de 7 sub muestras por cada cama (12 total) a evaluar, con un barreno se muestreo debajo de los goteros a una profundidad de 20cm.

Una vez obtenidas las submuestras se procedió a realizar una mezcla uniforme para luego tomar 1kg de suelo para enviar a Famous Lab. Una vez ingresadas al laboratorio, se procede a secar al aire a 30°C por 72 horas, molida y tamizada (2mm) con el fin de eliminar raíces y rocas. Para el análisis del pH se midió con un potenciómetro en una relación de agua y suelo de 1:2,5 (Moscoso, 2017).

El nitrógeno amoniacal se analizó por el método de fenol básico, el nitrógeno de nitratos solubles en agua por reducción de Cadmio. El fósforo y Potasio se analizó en extracto de doble ácido (Mehlich) y en agua. Los micro elementos se analizaron en extracto Mehlich por espectrometría con el equipo de Absorción Atómica (Moscoso, 2017).

3.3 Materiales

Los materiales que se utilizaron en la investigación fueron: Rótulos para identificación del ensayo, tanques de 1000L y 200L de capacidad, libreta de campo, flexómetro, barreno, fundas, calibrador, tijeras de podar. Dentro de los equipos que se utilizaron en la investigación fueron: sistema de riego computarizado, potenciómetro (pH metro) y conductímetro digital marca HANNA, balanza, computador portátil, cámara fotográfica.

3.4 Métodos

3.4.1 Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial (2x2) con tres repeticiones.

3.4.1.1 Factores a probar

Factor A: Variedad

V1: Sonrisa

V2: Night Fever

Factor B: Fuente de fertilización

F1: Hidrosoluble convencional

F2: Líquida con Tecnología de Micro Carbono™

3.4.1.2 Tratamientos a comparar

Los tratamientos surgieron de los niveles de los factores variedades y fuentes de fertilización.

Tabla 6

Descripción de los tratamientos

Variedad	Fuente	Tratamiento	
V1	F1	V1F1	T1
	F2	V1F2	T2
V2	F1	V2F1	T3
	F2	V2F2	T4

3.4.1.3 Características de las unidades experimentales

Cada unidad experimental fue una cama de cultivo de rosa de forma rectangular con las siguientes dimensiones: 28.2m de largo por 0.80m de ancho con 243 plantas en promedio. A continuación se detalla datos referentes al invernadero:

Número de Unidades Experimentales:	12
Área de las Unidades Experimentales:	22.56m ²
Ancho de cama:	0.80m
Largo de cama:	28.2m
Ancho de camino:	0.50m
Área del invernadero:	2415m ²
Área total del ensayo:	1207m ²

3.4.1.4 Croquis del ensayo

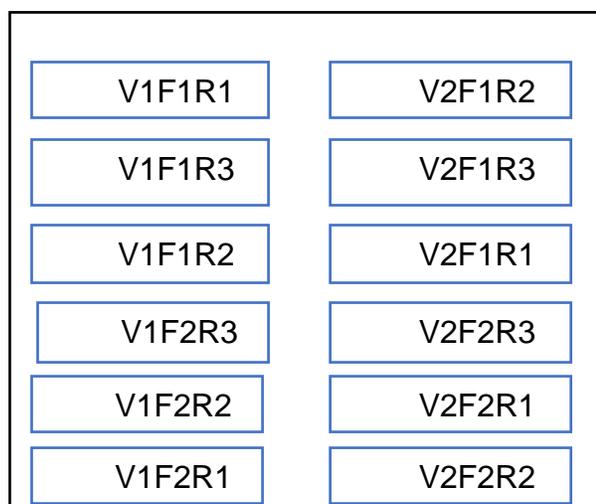


Figura 6 Croquis del ensayo

3.4.2 Análisis estadístico

3.4.2.1 Esquema del análisis de varianza

Tabla 7

Esquema de Análisis de varianza (ADEVA)

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Total	11
Variedad (V)	1
Fuente (F)	1
V x F	1
Error	8

3.4.2.2 Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + F_j + VF_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable aleatoria

μ = La media general

V_i = El efecto de i-ésima variedad

F_i = El efecto del j-ésimo fertilizante

VF_{ij} = Efecto de la interacción VxF

e_{ijk} = error experimental

3.4.2.3 Análisis funcional

Se realizó pruebas de Scheffé al 5% para las variedades, fuentes de fertilización y para las interacciones entre variedades y fuentes de fertilización.

3.4.3 Variables agronómicas

3.4.3.1 Longitud de tallo

Esta variable se evaluó en poscosecha una vez terminada la cosecha, con ayuda de un flexómetro se midieron los tallos de cada unidad experimental durante el periodo de evaluación (junio a septiembre), la medida se tomó desde la base del cáliz hasta el extremo del tallo y fue expresada en centímetros (cm) (Cadahía, 2000).

3.4.3.2 Diámetro de tallo

La medida fue tomada una vez realizada la cosecha de los tallos de cada unidad experimental durante los meses de evaluación, Se usó un calibrador pie de rey vernier para medir en la parte terminal del pedúnculo a un centímetro de la inserción del tallo con la flor, la medida fue expresada en milímetros (mm) (Cadahía, 2000).

3.4.3.3 Tamaño de botón

Se realizó mediciones de los tallos cosechados de cada unidad experimental, se realizó la medición de dos magnitudes (longitud y diámetro en mm.) de los botones florales. Con un calibrador pie de rey vernier, la longitud del botón se midió desde la base del cáliz hasta el borde del botón y el diámetro del botón en la parte media.

3.4.3.4 Ciclo de producción

El ciclo de producción fue el tiempo transcurrido desde el corte realizado el 23 de junio 2016 hasta el punto de corte (cosecha) establecido para la venta. Se evaluaron 25 tallos marcados dentro de cada unidad experimental y el resultado del tiempo transcurrido se expresó en número de días. El punto de corte se estableció midiendo la flor desde el tercer pétalo externo hasta el punto medio de la flor (referencia 2cm).

3.4.3.5 Producción bruta

Dentro de cada unidad experimental se evaluó el número total de tallos cosechados por mes, la cosecha se realizó tres veces por semana durante el periodo de evaluación (junio a septiembre), para esta variable se tomaron en cuenta todos los tallos cosechados.

3.4.3.6 Tallos vendibles

Dentro de cada unidad experimental de la producción bruta se evaluó el número de tallos aptos para la venta, para esta variable se tomaron en cuenta los tallos con longitud mayor a 35cm, que no presenten maltrato y que no posean afecciones por plagas y enfermedades. (Cadahía, 2000).

3.4.3.7 Flor de descarte

Esta variable hace referencia a los tallos de cada unidad experimental que no fueron considerados como tallos vendibles de la producción bruta por varios motivos como: maltrato, presencia de plagas y enfermedades.

3.4.3.8 Productividad en tallos planta⁻¹mes⁻¹ (TPM)

Se realizó la comparación durante el periodo de evaluación ((junio a septiembre) de los tallos aptos para la venta con el número de plantas de cada unidad experimental (ver tabla 8) para obtener una relación de productividad expresada en tallos por planta y por mes (TPM). Los tallos aptos para la venta deben tener una longitud mayor a 35cm y estar libres de problemas fitosanitarios y sin deformaciones tanto en el tallo como en el botón.

Tabla 8

Número de plantas por unidad experimental en cada tratamiento y repetición

Repetición	Tratamiento 1 (V1.F1)	Tratamiento 2 (V1.F2)	Tratamiento 3 (V2.F1)	Tratamiento 4 (V2.F2)
1	251	223	237	251
2	236	237	280	232
3	242	249	243	231

3.4.4 Variables de laboratorio

3.4.4.1 Análisis foliar en plantas de *rosa sp.*

Para realizar el muestreo se consideró las plantas con tallos con botón en el estado pintando color o dos rayas en cada tratamiento, se procedió a seleccionar la primera hoja verdadera (con 5 foliolos), hasta completar 100g aproximadamente (25 hojas) (Cadahía, 2000). Las muestras tomadas de las 2 variedades, 2 Tratamientos, 3 repeticiones, una vez recolectadas las muestras fueron etiquetadas y enviadas al laboratorio FAMOSLABORATORIO, con el fin de determinar: En porcentaje (N, P, K, Ca, Mg, S) y en ppm (B, Cu, Fe, Mn, Zn).

3.4.4.2 Análisis de suelo

El muestreo se realizó cerca de las raíces (20cm) de las plantas, con ayuda de un barreno se extrajeron submuestras del área para luego mezclar, cuartear y obtener una muestra de suelo (1kg) representativa de cada unidad experimental. La frecuencia de este muestreo se realizó al inicio (día 0), y al final de la investigación, con un total de muestras de 24 (2 variedades, 2 tratamientos, 3 repeticiones y dos tomas). Se enviaron las muestras al laboratorio FAMOSLABORATORIO, para determinar: pH, CE ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$), ppm de (N, P, K, Ca, B, Zn, Cu, Mn, Fe, Mg) y el porcentaje de materia orgánica.

3.4.5 Evaluación económica

Se realizó un análisis establecido por el protocolo de Perrin et al. (1982), se tomó en cuenta solo el costo de los tratamientos a utilizar, ya que el costo de las labores del cultivo serán las mismas para todos los tratamientos. Se tomara en cuenta el costo de los tratamientos con respecto al número de tallos vendibles que se registraron en el periodo de junio a septiembre y el ingreso se tomó el valor comercial de venta de un ramo de 12 tallos de rosa por un dólar (Ulloa, 2014).

3.5 Método de manejo del experimento

3.5.1 Identificación del área en estudio

Se procedió a identificar el área de estudio con ayuda de rótulos para cada tratamiento y sus respectivas repeticiones.

3.5.2 Elección e identificación de las plantas

Con la ayuda de etiquetas se identificaron 25 plantas para realizar el seguimiento de la duración del ciclo de cultivo.

3.5.3 Riego

El área total del estudio disponía de 4 válvulas para el riego, se dividió 2 válvulas para cada tratamiento con un volumen de agua de 2m³ por válvula, para la inyección de la solución madre de cada tratamiento se usó un sistema de inyección con venturi.

3.5.4 Fertilización

La fertilización se realizó durante 5 días a la semana por 4 meses con un volumen de agua total de 8m³ por día para el área total del estudio dividido en 4m³ para cada fuente de fertilización. Por medio de un sistema de inyección con venturi se aplicaron las dos fuentes de fertilización desde la caceta de fertirriego. Para la fuente de fertilización convencional se utilizó dos tanques de 100 litros cada uno para preparar las soluciones concentradas con el detalle de la tabla 9. En función de los aportes previstos se realiza el cálculo de la cantidad de fertilizante que requiere el cultivo.

Tabla 9

Cantidad de fertilizante aplicado

Fuente de fertilización convencional			Fuente de fertilización con TMC	
FERTILIZANTE	Cantidad en g. Tanque		FERTILIZANTE	Cantidad g. Tanque
	A	B		A
Nitrato de Ca (26%) CaO ₂	2155		Calcium(8-0-0+10 Ca)	449.97
Nitrato de Amonio (34,5%) N	44		Phosmax (0-50-0)	48.64
Fe-EDDHA (6%)		140.3	Iron (12-0-0 +4S+6Fe)	121.26
Mn-EDTA (13%)		30	Z-Max (8ZN+5S+2Mn+0,5Cu)	16.44
Zn-EDTA (15%)		15	Manganese (5Mn+2,5S)	47.88
Cu-EDTA (15%)		14	44 Mag (0-0-0+5Mg+5,5S)	141.12
Nitrato de K (46%) K ₂ O		907	Boron (0-0-0+5B)	20.06
Fosfato Monopotásico (51%) P ₂ O ₅		675	Super Nitro (30-0-0)	317.34
Sulfato de Amonio (21%) N		225	Super K (0-0-40)	132.3
Sulfato de Mg (16%) MgO		415		
Sulfato de K (50%) K ₂ O		28		
Molibdato de Amonio (56,5%)		3		
Ácido Nítrico (68%)		604	Ácido nítrico	558
TOTAL	2806	2449.3		1853.01

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables agronómicas

Las variables agronómicas fueron analizadas al finalizar el ciclo (septiembre), durante este periodo se registraron los tallos cosechados de cada unidad experimental, se tomaron las variables establecidas en la investigación que se detallan a continuación.

4.1.1 Longitud de tallo (cm)

Para la variable longitud de tallo no se observan diferencias estadísticas en los factores en estudio, obteniendo un coeficiente de variación (CV) de 2.77% y un promedio general de 40.6 cm. (ver tabla 10). Los datos obtenidos se respaldan por PPO & Naaldwijk,(2001), ya que el factor limitante para el largo de los tallos puede ser explicado en términos de la intercepción lumínica y en consecuencia del área foliar, para las rosas un Mega Julio de luz produce 2,5 gramos de materia seca.

Por otro lado DeRuiter, (2017) menciona que el largo promedio para las variedades Night Fever es de 60 a 80 cm y de Sonrisa es de 50 a 70 cm, lo que quiere decir que las variedades en estudio aún no llegan a su potencial genético. Para lo cual Cadahía, (2000) expresa que las variedades de rosa llegan a su potencial genético si se complementa el requerimiento nutricional, en función del estadio y de la productividad.

4.1.2 Diámetro de tallo (mm)

Se observó diferencia estadística al 5% para todos los factores en estudio, con un CV de 0.00% y un promedio general de 4,508mm (ver tabla 10).

En las variedades se encontró dos rangos de significancia (ver tabla 11), en el primer rango la variedad Sonrisa con 4.90mm, y la variedad Night Fever en el segundo rango con 4.12mm., para las fuentes de fertilización se obtuvo un solo rango donde la fuente de fertilización líquida con TMC presentó 4.58mm y la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional 4.43mm. dentro de las interacciones se encontraron tres rangos de significancia, siendo la variedad Sonrisa con la fuente de fertilización líquida con TMC (V1F2) con 5.03mm el mejor rango y en el menor rango las interacciones variedad Night Fever con la fuente de fertilización líquida con TMC (V2F2) de 4.13mm., y variedad Night Fever con la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional (V2F1) con 4.10mm., para lo cual PPO & Naaldwijk (2001) manifiestan que adicional a una buena nutrición del rosal el diámetro de los tallos están influenciados por el manejo en la formación de la planta, si se realizan cortes en brotes basales pesados y de mayor diámetro la respuesta de la brotación del nuevo tallo será de mayor diámetro de tallo por lo que puede ser variable si no hay un manejo constante y adecuado.

4.1.3 Largo del botón (mm)

Para la variable largo de botón expresada en milímetros se puede observar significancia estadística únicamente en las variedades (ver tabla 11), encontrándose que la variedad Sonrisa tuvo el mejor rango con un promedio de 47.10mm y la variedad Night Fever el rango menor de 42.55mm, los demás factores fueron no significativos (ver tabla 11). La longitud de botón según DeRuiter (2017) indica que es diferente para cada variedad, para Night Fever de 5 a 7 cm y Sonrisa es de 5.5cm.

4.1.4 Diámetro de botón (mm)

En el diámetro del botón de rosas se encontró diferencias estadísticas en las variedades y fuentes de fertilización con un CV de 1.13% y un promedio general de 33.1mm (ver tabla 10). Para variedades se presentaron dos rangos de significación, en el primer rango la variedad Sonrisa con 34.05 mm y en el segundo rango la variedad Night Fever con 32.15mm. Para las fuentes de fertilización se observó un solo rango, siendo para la fuente de fertilización con TMC de 33.60mm y 32.60mm para la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional (ver tabla 11). Para lo cual Cadahía (2000) menciona que el diámetro de la flor y el número de pétalos se ven afectados por el estado de desarrollo de la flor cuando se corta.

4.1.5 Duración del ciclo de cultivo (días)

Únicamente las variedades de rosas se diferenciaron estadísticamente (ver tabla 10). El promedio general del ciclo del cultivo fue 69,41 días, con un coeficiente de variación de 1,61%. Para las variedades se presentó dos rangos de significancia (ver tabla 11), el primer rango la variedad Night Fever con 70.33 días y en el segundo rango la variedad Sonrisa con 68.50 días. La diferencia en el ciclo del cultivo entre las dos variedades en estudio no superó los 2 días, se corrobora con lo mencionado por DeRuitter, (2017) que las dos variedades tienen un ciclo de cultivo similar entre 60 y 84 días, sin embargo Fainstein, (1997) menciona que se pueden observar diferencias en la duración del ciclo de producción por los factores climáticos de la localidad donde se implanta el cultivo de rosas.

4.1.6 Producción total (N° tallos)

No se encontró diferencia estadística para ninguna fuente de variación (ver tabla 10). El promedio general de la producción total fue de 175.16 tallos con un coeficiente de variación de 24.94%. Para lo cual Fainstein (1997) menciona que la producción de rosas está influenciada por varios factores, entre ellos la temperatura, luz, fertilización, altitud y sufrimiento radicular.

4.1.7 Tallos para descarte

Para la variable tallos para descarte se puede observar significancia estadística únicamente en las variedades, con un promedio general de 44.75 tallos y un coeficiente de variación de 25.25%(ver tabla 10), encontrándose que la variedad Sonrisa tuvo el mayor rango con un promedio de 53.17tallos y la variedad Night Fever el menor rango de 36.33mm, los demás factores fueron no significativos (ver tabla 11). Para lo cual Fainstein (1997) menciona que los factores que intervienen para que exista mayor o menor cantidad de tallos para descartar son el transporte de la flor, la sanidad vegetal, susceptibilidad varietal a plagas y enfermedades, clima y la nutrición de las plantas de rosas.

4.1.8 Tallos para la venta

Al establecer los análisis de variancia para la variable número de tallos vendibles se encontró diferencias estadísticas únicamente para variedades, con un promedio general de 130.41tallos y un coeficiente de variación de 28.43% (ver tabla 10). Encontrándose que la variedad Night Fever tuvo el mayor rango con 155.5 tallos y la variedad Sonrisa con el menor rango de 105.33 tallos (ver tabla 11).

Para lo cual PPO & Naaldwijk (2001) mencionan que para mejorar la calidad de tallos se debe tomar acciones sobre algunos factores como climáticos, dentro de estos los de mayor importancia son la temperatura promedio y la luz, además de los factores varietales, nutricionales, comerciales y de manejo del cultivo de la rosa.

4.1.9 Productividad (tallos.planta⁻¹.mes⁻¹)

Para la variable productividad, no se encontraron diferencias estadísticas a nivel del 5%, se obtuvo un promedio general de 0.54 tallos.planta.mes⁻¹ con un coeficiente de variación de 32.61% (ver tabla 11). DeRuiter (2017) menciona que las dos variedades en estudio son muy productivas, variedad Sonrisa 1,5 tallos.planta⁻¹.mes⁻¹ y variedad Night Fever 1,2 tallos.planta⁻¹.mes⁻¹ lo que se puede observar que las dos variedades no llegan a su potencial productivo, para lo cual Cadahía (2000) menciona que los factores de mayor influencia en la productividad son la edad del cultivo, riego, nutrición, suelo y clima donde se producen las rosas.

Tabla 10

Análisis de la varianza para las variables agronómicas en el mes de septiembre

Fuentes de Variación	GI	Largo de tallo (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Largo de botón (mm)	Diámetro de botón (mm)	Producción total (tallos)	Tallos descarte	Tallos vendibles	Productividad (tallos/planta/mes)	Ciclo de cultivo
Total	11									
Variedades (V)	1	0.053 ^{ns}	1.84 [*]	62.11 [*]	10.83 [*]	3333.33 ^{ns}	850.08 [*]	7550.08 [*]	0.11 ^{ns}	10.08 [*]
Fuentes de Fertilizantes (FF)	1	4.32 ^{ns}	0.67 [*]	3.31 ^{ns}	2.99 [*]	4332 ^{ns}	10.08 ^{ns}	4760.08 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.75 ^{ns}
Interacción (V x FF)	1	0.013 ^{ns}	0.040 [*]	0.24 ^{ns}	0.16 ^{ns}	120.33 ^{ns}	126.75 ^{ns}	494.08 ^{ns}	0.01 ^{ns}	4.08 ^{ns}
Error Experimental	8	1.267	0.0075	0.73	0.14	1908	127.67	1374.33	0.031	1.25
Promedio		40.6	4.508	44.825	33.1	175.16	44.75	130.41	0.54	69.41
Coeficiente de variación (CV)		2.77%	0.00%	1.91%	1.13%	24.94%	25.25%	28.43%	32.61%	1.61%

Tabla 11

Promedios y pruebas de significación de Scheffé al 5% para las variables agronómicas en el mes de septiembre

FACTORES	Largo de tallo (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Largo de botón (mm)	Diámetro de botón (mm)	Producción total (tallos)	Tallos descarte	Tallos vendibles	Productividad (tallos/planta/mes)	Ciclo de cultivo
Variedad Sonrisa (V1)	40.53	4.90 a	47.10 a	34.05 a	158.5	53.17 a	105.33 b	0.45	68.50 b
Variedad Night Fever (V2)	40.67	4.12 b	42.55 b	32.15 b	191.83	36.33 b	155.5 a	0.63	70.33 a
FF. convencional (F1)	39.99	4.43 a	44.30	32.60 a	156.17	45.67	110.50	0.44	69.67
FF con TMC (F2)	41.20	4.58 a	45.35	33.60 a	194.17	43.83	150.33	0.64	69.20
V1F1	39.97	4.77 b	46.43	33.43	136.33	57.33	79.00	0.32	69.33
V1F2	41.10	5.03 a	47.77	34.67	180.67	49.00	131.67	0.57	67.67
V2F1	40.03	4.10 c	42.17	31.77	176.00	34.00	142.00	0.56	70.00
V2F2	41.30	4.13c	42.93	32.53	207.67	38.67	169.00	0.71	70.67

4.2 Variables de laboratorio para el análisis de suelo

4.2.1 Saturación del suelo %

Se observó diferencia estadística para todos los factores en estudio, obteniendo un CV de 1.04% y un promedio general de 39.83% (ver tabla 12). En las variedades se encontró un rango de significancia (ver tabla 13), la variedad Sonrisa con 40.5%, y Night Fever con 39.17%. Para las fuentes de fertilización se obtuvo un rango donde la fuente de fertilización líquida con TMC presentó 39.33% y la sólida hidrosoluble convencional 40.0%. En las interacciones se hallaron dos rangos de significancia, en el primer rango la variedad Sonrisa con la fuente de fertilización líquida con TMC (V1F2) con 41%, la variedad Night Fever con la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional (V2F1) con 40.66%, seguida por la variedad Sonrisa con la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional (V1F1) con 40% y en el menor rango la variedad Night Fever con la fuente de fertilización líquida con TMC (V2F2) con 37.67%.

4.2.2 Potencial de hidrógeno (pH) del suelo

No se encontró diferencia estadística para ninguna fuente de variación (ver tabla 12). El promedio general del pH fue de 6.15 con un coeficiente de variación de 1.15%. Para lo cual Navarro & Simón (2013) mencionan que la mayor parte de suelos de regiones húmedas están entre 5 (acidez fuerte) y 7 (alcalinidad débil), estos valores pueden modificarse en función del manejo del suelo, fertilización y suministro de agua de riego.

4.2.3 Conductividad eléctrica (CE) del suelo ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)

El análisis de variancia para CE del suelo presentó significación estadística en cada uno de los factores en estudio (ver tabla 12). El promedio general para CE del suelo fue $1,07\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, con un coeficiente de variación de 7,27%.

Para lo cual Navarro & Simón (2013) menciona que los cambios en la CE. se dan por acciones naturales en campo abierto y también por acciones antrópicas debido al mal manejo de fertilizantes, riego con aguas inadecuadas y actividades industriales inadecuadas. Fainstein (1997) indica que el rango idóneo para el desarrollo del cultivo de rosa se encuentra entre 1 y 1,2 mS.cm⁻¹. Calvache (2015) muestra que la C.E tiene influencia directa sobre la producción, a mayor C.E del requerimiento óptimo se obtendrá menor producción.

En las variedades se encontró un rango de significancia (ver tabla 13), la variedad Sonrisa con 1.28 mS.cm⁻¹, y la variedad Night Fever con 0.85 mS.cm⁻¹. Para las fuentes de fertilización se obtuvo dos rangos donde la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional presentó 1.35 mS.cm⁻¹ y en el segundo rango la fuente de fertilización líquida con TMC 0.78 mS.cm⁻¹. Dentro de las interacciones se encontraron tres rangos de significancia, en el primer rango la variedad Sonrisa con la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional (V1F1) con 1.65 mS.cm⁻¹, en el segundo rango las interacciones variedad Sonrisa con la fuente de fertilización líquida con TMC (V1F2) con 0.91 mS.cm⁻¹, seguida de la variedad Night Fever con la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional (V2F1) de 1.05 mS.cm⁻¹, y en el menor rango la variedad Night Fever con la fuente de fertilización líquida con TMC (V2F2) con 0.65 mS.cm⁻¹.

4.2.4 Contenido de nitratos en el suelo (ppm)

El análisis de variancia para contenido de nitratos del suelo presentó significación estadística en cada uno de los factores en estudio y en la interacción (ver tabla 12). El promedio general fue 15.74ppm, con un coeficiente de variación de 18.27%.

Según Navarro & Simón (2013) menciona que la forma más asimilable del N por las plantas es en forma de nitrato, sin embargo el contenido de amoniaco es importante ya que se transforma a nitrato por un proceso llamado nitrificación, está influenciado por la cantidad de amonio, reacción del suelo, aireación, humedad y temperatura del suelo.

En las variedades se encontró un rango de significancia (ver tabla 13), la variedad Sonrisa con 24.35 ppm, y la variedad Night Fever con 7.13 ppm. Para las fuentes de fertilización se obtuvo un rango donde la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional presentó 29.66 ppm y la fuente de fertilización líquida con TMC 1.82ppm. Dentro de las interacciones se encontraron cuatro rangos de significancia, donde el mayor rango obtuvo la variedad Sonrisa con la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional (V1F1) con 46.67 ppm, y con el menor contenido el rango la variedad Night Fever con la fuente de fertilización líquida con TMC (V2F2) con 1.6 ppm.

4.2.5 Contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo (ppm)

No se encontró diferencia estadística para ninguna de las fuentes de variación y para las interacciones (ver tabla 12), el promedio general del contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo fue de 25.16 ppm con un coeficiente de variación de 6.28%.

Para lo cual Navarro & Simón (2013) menciona que la cantidad de nitrógeno en forma amoniacal es casi imperceptible ya que se oxida en nitratos y es muy difícil ponerlo en evidencia en cantidades apreciables. Sin embargo es conveniente tener una reserva de amonio ya que las formas de nitrógeno en forma de nitratos se lixivian con facilidad.

4.2.6 Contenido de fósforo (P) en el suelo (ppm)

En el P total (P tot) y disponible (P dis) se encontró diferencias estadísticas entre variedades y fuentes de fertilización, mientras que la interacción no presentó significación estadística por lo tanto los dos factores en estudio actuaron independientemente (ver tabla 12). Navarro & Simón (2013) mencionan que la cantidad total del suelo expresada en P_2O_5 rara vez supera el valor de 0.5% (1500ppm ó 3360 $Kg.ha^{-1}$), se mantiene estable en función del contenido del suelo y de las aplicaciones que se realice.

Los promedios generales del contenido de P en el suelo fueron para el contenido total 102,00 ppm y asimilable 24,33 ppm, con coeficientes de variación de 12,24 y 8,39% respectivamente. En las variedades se encontró dos rangos de significancia (ver tabla 13), para el P total la variedad Sonrisa con 118.17 ppm, y la variedad Night Fever con 85.83 ppm; para el P disponible la variedad Night Fever con 26 ppm y la variedad Sonrisa con 22.67ppm.

Para las fuentes de fertilización se obtuvo dos rangos para el P total la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional con 114.67 ppm, y la fuente de fertilización líquida con TMC con 89.33 ppm; para el P disponible la fuente de fertilización líquida con TMC con 26.33 ppm y la fuente de fertilización sólida hidrosoluble convencional con 22.33ppm.

4.2.7 Contenido de zinc (Zn) en el suelo (ppm)

No se encontró diferencia estadística para ninguna fuente de variación (ver tabla 12). El promedio general del contenido de zinc en el suelo fue de 20.16ppm, con un coeficiente de variación de 15.49%.

Para lo cual Navarro & Simón (2013) mencionan que en suelos agrícolas no contaminados el contenido total de zinc en el suelo está entre 15 a 200 ppm. y que dentro de este contenido las cifras de zinc extraíble por acetato de amoníaco neutro, que es el reactivo extractante para conocer el zinc asimilable por las plantas está por debajo de las 10 ppm. Dentro de la dinámica del zinc en el suelo, el zinc se mantiene estable por factores determinantes como el pH entre 6 y 7, textura y composición del suelo.

4.2.8 Contenido de cobre (Cu) en el suelo (ppm)

No se encontró diferencia estadística para ninguna fuente de variación (ver tabla 12). El promedio general del contenido de cobre en el suelo fue de 5.93 ppm con un coeficiente de variación de 8.26%. Para lo cual Navarro & Simón (2013) mencionan que dentro de la dinámica del cobre en el suelo los factores que influyen para la variación son el pH, materia orgánica, contenidos de fósforo, nitrógeno, hierro, aluminio, zinc y molibdeno.

4.2.9 Contenido de hierro (Fe) en el suelo (ppm)

En el análisis de variancia para contenido de hierro, se puede apreciar en la tabla 12 que hay diferencias estadísticas dentro de variedades, fuentes de fertilización y en las interacciones, el promedio general del contenido de hierro en el suelo fue de 255.08 ppm., y el CV de 11.23%. Para lo cual Navarro & Simón (2013) menciona que dentro de la dinámica del hierro en el suelo se ve afectado su contenido por el pH y la composición del suelo, de forma específica el contenido de arcilla y materia orgánica.

Las variedades presentaron dos rangos donde la variedad Night Fever con 307.50 ppm., y con el menor rango la variedad Sonrisa de 202.67ppm., para las fuentes de fertilización se muestra un rango donde la fuente de fertilización con TMC presentó el mayor rango con 283.50 ppm., seguida de la fuente de fertilización convencional con 226.67 ppm. Para las interacciones se presentan dos rangos, en el primer rango la variedad Night Fever con la fuente de fertilización líquida con TMC de 358 ppm.

4.2.10 Contenido de manganeso (Mn) en el suelo (ppm)

Únicamente las fuentes de fertilización presentaron diferencias significativas en el contenido de Manganeso, con un promedio de 26.33 ppm., y un CV de 17.51%. Navarro & Simón (2013) menciona que dentro de la dinámica del manganeso en el suelo existen dos formas en que está presente, la primera es en forma soluble o activo Mn^{2+} y la segunda forma Mn^{4+} prácticamente inerte a efectos de absorción (insoluble).

Los factores que limitan su contenido son el pH, materia orgánica y actividad microbiana. Bajo la fuente de fertilización líquida con TMC se logró un mayor contenido de Mn en el suelo de 30 ppm., que con la utilización de la fuente de fertilización hidrosoluble convencional 22.67 ppm.

4.2.11 Contenido de potasio (K) en el suelo (ppm)

Los contenidos de K total (K tot) y disponible (K dis) no presentaron significación estadística en la interacción de los factores en estudio, las variedades y las fuentes de fertilización se diferenciaron estadísticamente a nivel del 5%, por lo tanto actuaron independientemente, con un promedio de 301.08 ppm., y 56.91 ppm., para K total y disponible respectivamente.

Según Navarro & Simón (2013) mencionan que hay tres formas de K en el suelo: K no asimilable, K lentamente asimilable y K rápidamente asimilable, en la dinámica del K en el suelo las tres formas están en equilibrio, y una variación en el sistema tiende a ser compensado por cambios apropiados en el mismo.

En el suelo donde se encuentra sembrada la variedad Sonrisa se presentaron los mayores contenidos de K total (339.00ppm) y asimilable (66.17) a comparación de la variedad Night Fever. Como se puede observar en la tabla 13 el suelo donde se suministró la fuente de fertilización hidrosoluble convencional presentó los mayores contenidos del K total de 379.17ppm., y asimilable de 73.33 ppm.

4.2.12 Contenido de calcio (Ca) en el suelo (ppm)

El análisis de variancia en la evaluación del contenido de Ca en el suelo se encontró diferencias estadística en las variedades, con un promedio de 2566.91 ppm., y un CV de 4.70%. Navarro & Simón (2013) mencionan que los contenidos de calcio en el suelo son muy variables, se pueden perder por lixiviación, absorción por las plantas y erosión.

Al analizar los promedios del contenido de calcio en el suelo (ver tabla 13) se puede apreciar que la variedad Sonrisa presentó 2689.33 ppm., de calcio en el suelo mientras que la variedad Night Fever con 2444.5 ppm.

4.2.13 Contenido de magnesio (Mg) en el suelo (ppm)

No se encontró diferencia estadística para ninguna fuente de variación (ver tabla 12). El promedio general del contenido de magnesio en el suelo fue de 665.33 ppm., con un coeficiente de variación de 4.22%.

Para lo cual Navarro & Simón (2013) mencionan que el magnesio al igual que el calcio el contenido en el suelo es variable y las pérdidas dependen de la lixiviación, erosión y extracción por parte de los cultivos.

4.2.14 Contenido de azufre (S) en el suelo (ppm)

En el análisis de varianza se muestra diferencia significativa en las variedades y en las fuentes de fertilización; la interacción no manifestó diferencias significativas al 5%, lo que indica que los dos factores en estudio actúan independientemente.

El promedio general fue de 26.33ppm., y un CV de 11.23%. Navarro & Simón (2013) menciona que el azufre en el suelo está sometido a numerosas transformaciones implicados agentes químicos y agentes biológicos, las pérdidas en el suelo se pueden manifestar por el contenido de materia orgánica, erosión, lixiviación y extracción de los cultivos. En los suelos donde se encuentra la variedad Night Fever el contenido de S es mayor 28.83ppm., que en los suelos de la variedad Sonrisa 23.83 ppm. Bajo la fuente de fertilización líquida con TMC, se encontró un mayor contenido de S de 32.67 ppm., que con la fuente de fertilización hidrosoluble convencional 20.00 ppm

4.2.15 Contenido de boro (B) en el suelo (ppm)

En el análisis de variancia los factores se diferenciaron estadísticamente a nivel del 5%, al mismo nivel se manifestó significación estadística para la interacción, lo que manifiesta que estos dos factores actúan dependientemente. Navarro & Simón (2013) mencionan que el movimiento del boro en el suelo está regulado por varios factores que se hallan íntimamente relacionados entre sí, se destacan: la textura del suelo, el pH, materia orgánica, componentes minerales, clima y elementos químicos antagonistas como el caso del calcio.

El promedio general del B en el suelo fue de 2,00 ppm y con un coeficiente de variación de 8,51 %. Donde los mayores rangos presentaron las interacciones con la variedad Sonrisa con 2.77 ppm., con la fuente de fertilización convencional y 2.7ppm., con la fuente de fertilización con TMC, el menor rango presentó la interacción variedad Night Fever con la fuente de fertilización con TMC 0.73 ppm.

4.2.16 Capacidad de intercambio catiónico efectivo (meq.100g⁻¹) del suelo (CICE)

En el análisis de varianza para CICE (meq.100g⁻¹) del suelo únicamente se encontró diferencias significativas para las variedades. El promedio general de CICE (meq.100g⁻¹) del suelo fue de 19,25 meq.100g⁻¹, y un coeficiente de variación de 4,35%. Se observa en la tabla 12 los promedios de la CICE (meq.100g⁻¹) del suelo, donde la variedad Sonrisa alcanzó un mayor promedio 20.03 ppm., que la variedad Night Fever de 18.47 ppm.

4.2.17 Contenido de materia orgánica (M.O) en el suelo (%)

En el análisis de varianza para el contenido de M.O en el suelo se encontró diferencias estadísticas entre las fuentes de fertilización, con un promedio de 4.04% y un coeficiente de variación de 2.93%. Navarro & Simón (2013) mencionan que el contenido de materia orgánica del suelo esta influenciado por varios factores entre ellos la composición y el tamaño de partículas de las fuentes de materia orgánica, microorganismos presentes, disponibilidad de nutrientes en especial nitrógeno, condiciones ambientales y pH del suelo.

En el suelo donde se suministró la fuente de fertilización hidrosoluble convencional se logró un mayor contenido de materia orgánica de 4.18%, diferenciándose de la fuente de fertilización con TMC de 3.9%.

Tabla 12
Análisis de la varianza para las variables de análisis de suelos

F de V	Gl	Sat 1/2 suelo	pH	C.E	Nitrato	Amonio	P Total	P Dis	K Total	K Dis	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	M. O.	CICE
Total	11																			
Variedades	1	5.33 [†]	0.001 ^{ns}	0.55 [†]	889.24 [†]	0.00 ^{ns}	3136.33 [†]	33.33 [†]	17252.08 [†]	1026.75 [†]	179830.08 [†]	588 ^{ns}	75 [†]	0.48 ^{ns}	32970.08 [†]	108.00 ^{ns}	40.33 ^{ns}	6.45 [†]	0.0075 ^{ns}	7.36 [†]
Fertilizantes	1	3 [†]	0.002 ^{ns}	0.99 [†]	2326.87 [†]	0.33 ^{ns}	1925.33 [†]	48 [†]	73164.08 [†]	3234.08 [†]	546.75 ^{ns}	533.33 ^{ns}	488.33 [†]	0.75 ^{ns}	9690.08 [†]	161.33 [†]	21.33 ^{ns}	0.96 [†]	0.24 [†]	0.48 ^{ns}
Interacción	1	12 [†]	0.006 ^{ns}	0.88 [†]	845.04 [†]	1.33 ^{ns}	408.33 ^{ns}	12 ^{ns}	3300.08 ^{ns}	6.75 ^{ns}	1220.08 ^{ns}	2028 ^{ns}	8.33 ^{ns}	0.56 ^{ns}	5852.08 [†]	21.33 ^{ns}	1.05x10 ^{-30ns}	0.75 [†]	0.067 ^{ns}	0.12 ^{ns}
Error Exp.	8	0.17	0.005	0.01	8.27	2.5	155.75	4.17	1255.08	29.17	14571.25	787.92	8.75	0.24	821.08	21.25	9.75	0.02 _g	0.014	0.7
Promedio		39.83	6.15	1.07	15.74	25.16	102	24.33	301.08	56.91	2566.91	665.33	26.33	5.93	255.08	26.33	20.16	2	4.04	19.25
CV (%)		1.04	1.15	7.27	18.27	6.28	12.24	8.39	11.77	9.49	4.70	4.22	11.23	8.26	11.23	17.51%	15.49	8.51	2.93	4.35

Tabla 13
Promedios y pruebas de significación de Scheffé al 5% para las variables de análisis de suelos

F de V	Sat 1/2 suelo	pH	C.E.	Nitrato	Amonio	P Total	P Dis	K Total	K Dis	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	M. O.	CICE
Variedad 1	40.5 a	6.16	1.28 a	24.35 a	25.17	118.17 a	22.67 b	339.00a	66.17 a	2689.33 a	672.33	23.83 a	6.13	202.67 b	23.33	18.33	2.73 a	4.06	20.03 a
Variedad 2	39.17 a	6.14	0.85 a	7.13 a	25.17	85.83 b	26 a	263.17 a	47.67 a	2444.5 b	658.33	28.83 a	5.73	307.50 a	29.33	22.00	1.27 b	4.01	18.47 b
Fertilizante 1	40.33 a	6.16	1.35 a	29.66 a	25.33	114.67 a	22.33 b	379.17 a	73.33 a	2573.67	658.67	20.00 b	5.68	226.67 a	22.67 b	18.83	2.28 a	4.18 a	19.45
Fertilizante 2	39.33 a	6.14	0.78 b	1.82 a	25.00	89.33 b	26.33 a	223.00 b	40.5 b	2560.17	672.00	32.67 a	6.18	283.50 a	30.00 a	21.5	1.72 b	3.9 b	19.05
V1F1	40.00 a	6.20	1.65 a	46.67 a	25.00	125.00	19.67	433.67	83.33	2686	678.67	16.67	6.09	196.33 b	21.20	17.00	2.77 a	4.13	20.33
V1F2	41.00 a	6.13	0.91 b	2.03 c	25.33	111.33	25.67	244.33	49.00	2692.67	666.00	31.00	6.16	209.00 b	25.67	19.67	2.7 a	3.99	19.73
V2F1	40.66 a	6.13	1.05 b	12.66 b	25.67	104.33	25.00	324.67	63.33	2461.33	638.67	23.33	5.27	257.00 b	24.33	20.67	1.8 b	4.23	18.57
V2F2	37.67 b	6.15	0.65 c	1.6 d	24.67	67.33	27.00	201.67	32.00	2427.67	678.00	34.33	6.20	358.00 a	34.33	23.33	0.73 c	3.8	18.37

4.2.18 Contenido en porcentaje de nitrógeno (N) a nivel foliar

Las variedades no se diferenciaron en el contenido de N al establecer el análisis foliar, mientras que las fuentes de fertilización y la interacción variedades por fuentes de fertilización se diferenciaron. Se puede apreciar en la tabla 14 el promedio general del contenido de N foliar se encuentran en 2,92ppm, el coeficiente de variación se encuentra en 3,75%.

Según Cadahía (2000) menciona que el N parece ser el elemento más importante dentro de los procesos de crecimiento y formación de las flores sin embargo mantiene que la máxima absorción de este elemento es cuando ya se ha formado el botón floral y se está terminando el ciclo y no cuando se produce la elongación rápida del tallo.

Bajo la aplicación de la fuente de fertilización hidrosoluble convencional (F1) se logró el mayor contenido de N foliar 3.08%, logró diferenciarse estadísticamente de la fuente de fertilización líquida con TMC. Se puede apreciar en la tabla 14 que la interacción con el mayor contenido de N foliar se logró con la variedad Night Fever con la fuente de fertilización hidrosoluble convencional (V2F1).

4.2.19 Contenido en porcentaje de fósforo (P) a nivel foliar

Al establecer los análisis de variancia en cada el contenido de P foliar no se encontró diferencias estadísticas entre variedades, fuentes de fertilización, se detectó significación estadística en las interacciones al nivel del 5%. El promedio general del contenido de P foliar se encuentran en 0,225%, con coeficientes de variación de 5,79%.

En la tabla 14 las interacciones se presentan con un solo rango en los promedios donde el mayor contenido de P foliar presentó la variedad Sonrisa con la fuente de fertilización con TMC de 0.24%.

4.2.20 Contenido en porcentaje de potasio (K) a nivel foliar

Al evaluar el contenido de K del análisis foliar se detectó diferencias significativas entre las fuentes de fertilización con un promedio de 1.32% y un coeficiente de variación de 3.71%. Cadahía (2000) menciona en un estudio comparativo realizado en dos variedades con una misma solución nutritiva tuvo respuestas diferentes en la absorción de K por lo que concluyó que la absorción del K es diferente dependiendo de la variedad. Como se puede observar en la tabla 15 la fuente de fertilización hidrosoluble convencional (F1) presentó el mayor rango con 1.36% con relación a la fuente de fertilización con TMC de 1.29%.

4.2.21 Contenido en porcentaje de calcio (Ca) a nivel foliar

Las variedades y las fuentes de fertilización se diferenciaron en el Ca foliar (%), el promedio general del Ca foliar se encontró en 1,28%, con un coeficiente de variación de 2,59% (ver tabla 14).

La variedad Sonrisa presentó el mayor contenido de Ca foliar 1.35%, para las fuentes de fertilización se encontró un rango donde la fuente de fertilización convencional fue de 1.36% seguida de la fuente de fertilización líquida con TMC de 1.25% (ver tabla 15).

4.2.22 Contenido en porcentaje de magnesio (Mg) a nivel foliar

En el análisis de variancia se detectó diferencias estadísticas en las fuentes de fertilización, el promedio general del Mg foliar expresado en porcentaje se encuentran en 0,32%, con un coeficiente de variación de 3,83% (ver tabla 14).

La fuente de fertilización hidrosoluble convencional alcanzó el mayor contenido de Mg foliar 0.34%, diferenciándose del contenido presentado por la fuente de fertilización líquida con TMC de 31% (ver tabla 15).

4.2.23 Contenido en porcentaje de azufre (S) a nivel foliar

Las variedades, fuentes de fertilización y la interacción de estos dos factores no manifestaron significación estadística. El promedio general fue de 0.18% y un coeficiente de variación de 9.62% (ver tabla 14).

4.2.24 Contenido de boro (B) a nivel foliar en partes por millón (ppm)

Únicamente en el contenido de B foliar las variedades se diferenciaron estadísticamente, el promedio general del contenido de B foliar se encuentra en 44.66 ppm, con un coeficientes de variación de 4,66% (ver tabla 14).

La variedad Sonrisa presentó el mayor contenido de B 46.5ppm, diferenciándose del presentado por la variedad Night Fever de 42.83% (ver tabla 15).

4.2.25 Contenido de hierro (Fe) a nivel foliar en partes por millón (ppm)

Las variedades y las fuentes de fertilización se diferenciaron a nivel del 5% en el contenido de Fe foliar, la interacción no manifestó significación estadística por lo tanto los factores en estudio actuaron independientemente.

El promedio general del contenido de Fe foliar se encuentran en 102,75 ppm., con un coeficiente del 0.00%. La variedad Sonrisa presentó un mayor contenido de Fe foliar de 107.5ppm a diferencia del contenido de la variedad Night Fever de 98ppm. Bajo la aplicación de la fuente de fertilización hidrosoluble convencional (F1) se logró mayor contenido de Fe foliar 110.33ppm en comparación a la fuente de fertilización con TMC de 95.17ppm (ver tabla 15).

4.2.26 Contenido de zinc (Zn) a nivel foliar en partes por millón (ppm)

Las variedades, fuentes de fertilización y la interacción de estos factores presentaron significación estadística, con respecto al contenido de Zn foliar, el promedio general del contenido de Zn foliar se encuentran en 17,58ppm con un coeficiente de variación de 8,53%. La variedad Sonrisa presentó un mayor contenido de Zn foliar 18.67 ppm. Bajo la aplicación de la fuente de fertilización hidrosoluble convencional, las rosas presentaron un mayor contenido de Zn foliar 19.33ppm en comparación de la fuente de fertilización líquida con TMC de 15.83 ppm (ver tabla 15).

4.2.27 Contenido de cobre (Cu) a nivel foliar en partes por millón (ppm)

Se encontró diferencias estadísticas para variedades y las fuentes de fertilización. El promedio general de Cu foliar fue de 4,89 ppm; con un coeficiente de variación de 6,782% (ver tabla 14). La variedad Sonrisa presentó un mayor contenido de Cu foliar 5.17 ppm. Bajo la aplicación de la fuente de fertilización hidrosoluble convencional (F1) las rosas presentaron un mayor contenido de Cu foliar 5.3ppm en comparación de la fuente de fertilización líquida con TMC de 4.48 ppm (ver tabla 15).

4.2.28 Contenido de manganeso (Mn) a nivel foliar en partes por millón (ppm)

Las variedades y fuentes de fertilización se diferenciaron mientras que la interacción no tuvo diferencia significativa. El promedio del contenido de Mn foliar fue 27,66 ppm, con un coeficiente de variación de 6,52% (ver tabla 14). La variedad Sonrisa presentó el mayor contenido 32 ppm de Mn foliar, diferenciándose estadísticamente del contenido de Night Fever 23.33ppm. Bajo la aplicación de la fuente de fertilización hidrosoluble convencional (F1) las rosas presentaron un mayor contenido de Mn foliar 29.17ppm en comparación de la fuente de fertilización líquida con TMC de 26.17 ppm (ver tabla 15).

Tabla 14*Análisis de la varianza para las variables del laboratorio del análisis foliar*

F de V	Gl	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	B ppm	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm
Total	11											
Variedades	1	0.02 ^{ns}	0.00013 ^{ns}	0.0016 ^{ns}	0.047 [*]	8.33x10 ⁻⁶ ^{ns}	0.00021 ^{ns}	40.33 [*]	270.75 [*]	14.08 [*]	0.91 [*]	225.33 [*]
Fertilizantes	1	0.30 [*]	0.000033 ^{ns}	0.013 [*]	0.02 [*]	0.0024 [*]	0.00067 ^{ns}	0.33 ^{ns}	690.08 [*]	36.75 [*]	2.00 [*]	27.00 [*]
Interacción	1	0.07 [*]	0.0012 [*]	0.004 ^{ns}	0.0037 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	0.00021 ^{ns}	5.33 ^{ns}	0.75 ^{ns}	24.08 [*]	0.44 ^{ns}	16.33 ^{ns}
Error Experimental	8	0.012	0.00017	0.0024	0.0011	0.00015	0.0003	4.33	35.58	2.25	0.11	3.25
promedio		2.92	0.225	1.32	1.28	0.32	0.18	44.66	102.75	17.58	4.89	27.66
CV		3.75%	5.79%	3.71%	2.59%	3.83%	9.62%	4.66%	0.00%	8.53%	6.78%	6.52%

Tabla 15*Promedios y pruebas de significación de Scheffé al 5% para las variables del laboratorio del análisis foliar*

Factores	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	B ppm	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm
Variedad 1	2.88	0.23	1.32	1.35 a	0.32	0.18	46.5 a	107.5 a	18.67 a	5.17 a	32 a
Variedad 2	2.97	0.22	1.34	1.22 b	0.32	0.18	42.83 b	98 b	16.5 b	4.62 b	23.33 b
Fertilizante 1	3.08 a	0.22	1.36 a	1.33 a	0.34 a	0.19	44.83	110.33 a	19.33 a	5.3 a	29.17 a
Fertilizante 2	2.77 b	0.27	1.29 b	1.25 a	0.31 b	0.17	44.5	95.17 b	15.83 b	4.48 b	26.17 b
V1F1	2.97 ab	0.22a	1.37	1.37	0.33	0.20	47.33	115.33	19	5.76	34.67
V1F2	2.8 b	0.24 a	1.26	1.33	0.31	0.17	45.67	99.67	18.33	4.57	29.33
V2F1	3.2 a	0.23 a	1.35	1.28	0.34	0.18	42.33	105.33	19.67	4.83	23.67
V2F1	2.73 b	0.21a	1.32	1.17	0.3	0.17	43.33	90.67	13.33	4.4	23

4.3 Análisis económico

Siguiendo el análisis de presupuesto parcial según Perrin et. al (1982) se procedió a obtener el beneficio bruto, que corresponde a la producción de tallos vendibles de las tres repeticiones de cada tratamiento, por otro lado se obtuvo el costo variable correspondiente a las fuentes de fertilización utilizadas, de la diferencia del beneficio bruto menos los costos variables se obtuvo el beneficio neto (ver tabla 16)

Tabla 16

Beneficios brutos, costos variables y beneficio neto de cada uno los tratamientos en estudio

Tratamiento	Beneficio bruto	Costo variable	Beneficio neto
V1F1	86,42	47,64	38,78
V1F2	113,28	51,47	61,81
V2F1	104,75	47,64	57,12
V2F2	130,25	51,47	78,78

Colocando los beneficios netos acompañado de sus costos variables se procedió a realizar el análisis de dominancia, donde tratamiento dominado es aquel que a igual o menor beneficio neto presento un mayor costo variable, de este análisis se determinó que los tratamientos no dominados fueron V2F2 y V2F1 (ver tabla 17)

Tabla 17

Análisis de dominancia de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Beneficio neto	Costo variable	Tratamientos dominados
V2F2	78,782	51,468	
V1F2	61,815	51,468	*
V2F1	57,116	47,636	
V1F1	38,779	47,636	*

Con los tratamientos no dominados se procedió a realizar el análisis marginal determinando que el tratamiento más económico constituyó el V2F2, pues al pasar del tratamiento V2F1 al tratamiento V2F2 con una inversión adicional de 3,83 dólares se obtuvo un incremento del beneficio neto de 21,67 dólares lo que nos indica que por cada dólar invertido se logró un retorno de 5,65 dólares (ver tabla 18).

Tabla 18

Análisis de tasa marginal de los tratamientos no dominados y obtención del TRM

Tratamiento	Beneficio neto	Costo variable	beneficio neto marginal	Costo marginal	TRM
V2F2	78,78	51,47	21,67	3,83	5,65
V2F1	57,12	47,64	-----	-----	-----

F1: Fuente de fertilización convencional; F2: Fuente de fertilización con TMC

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Las respuestas de las variedades Sonrisa y Night Fever no están influenciadas de forma directa a las fuentes de fertilización aplicadas, debido a que existen otros factores preponderantes, entre ellos la genética de cada variedad, condiciones ambientales y nutricionales.

En términos generales la variedad Sonrisa alcanzó el mayor largo del tallo, diámetro del tallo, largo del botón y diámetro del botón y tallos para descarte, considerando estas respuestas como un comportamiento varietal. La variedad Night Fever presentó la mayor cantidad de tallos vendibles y una mayor duración del ciclo de producción.

En la evaluación final la aplicación de la fuente de fertilización líquida con TMC superó en el diámetro del tallo y diámetro del botón a la fuente de fertilización convencional.

De acuerdo a los análisis de suelo realizados en el laboratorio, el efecto de las aplicaciones de fuentes de fertilización convencional por fertirriego de forma periódica, incrementa la conductividad eléctrica, nitratos, fósforo total, potasio disponible, boro y materia orgánica en el suelo, a comparación de la fuente de fertilización con TMC equilibra la conductividad y presenta un incremento los contenidos de fósforo disponible, azufre, manganeso y hierro en el suelo.

En los análisis foliares de laboratorio se observó la mayor concentración de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, cobre y manganeso con la fuente de fertilización convencional.

La utilización de fórmulas estándar para la fertilización de rosas, en el presente estudio no logra llegar a los niveles óptimos recomendados en los análisis foliares realizados en el laboratorio, por lo que se concluye que debemos adaptar y ajustar a las condiciones ambientales del medio ecuatoriano reajustando las cantidades de ppm. En los macro elementos: N, P, K hasta alcanzar los rangos promedios establecidos.

Los fertilizantes con tecnología de micro carbono son una alternativa rentable en el cultivo de rosas, ya que en el análisis de costo beneficio del cambio de tecnología el tratamiento variedad Night Fever con la fuente de fertilización líquida con TMC presenta un incremento en la tasa de retorno marginal de \$5.65 adicional.

5.2 Recomendaciones

Investigar el requerimiento nutricional de la mayor parte de variedades de rosas con el fin de obtener una mejor respuesta genética.

Realizar los ajustes pertinentes de las fórmulas estándar al momento de utilizar en una determinada localidad, tomando en cuenta el factor climático y de los requerimientos de cada variedad.

El resultado de los análisis foliares es fundamental en el seguimiento nutricional del cultivo de rosas, sin embargo si se observa deficiencias o valores por debajo a los recomendados por el laboratorio se debe ajustar en la fórmula de fertirriego.

Al momento de hacer un cambio en las fuentes de fertilización, se debe tomar en cuenta y hacer un análisis comparativo del costo beneficio de las dos tecnologías estudiadas, para que se opte por la que mayor utilidad y rentabilidad les dé.

5.3 Bibliografía

- Agromicrobiotech. (2017). *Agromicrobiotech*. Obtenido de <http://agromicrobiotech.com/micro-carbon-technology/whats-unique-about-micro-carbon-technology/>
- Agrosa. (2014). *Tecnología micro-carbono*. Obtenido de <http://agrosahumagro.blogspot.com/2014/03/utilizando-micro-carbon-technology-como.html>
- Cadahía, C. (2000). *Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales* (Segunda ed.). Madrid, España: Mundi-prensa.
- Calvache, M. (2015). *Fertirrigación en cultivos hornamentales*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Castañeda, D., Jaramillo, D., & Cotes, J. (2014). Selección de propiedades del suelo espacialmente relacionadas con producción en el cultivo de banano. *Scielo*, 73-83.
- Cevallos, J. (2015). Evaluación de *Bacillus subtilis* en el control de oídio (*Oidium* sp.) en cinco genotipos de chocho (*Lupinus mutabilis*). Pichincha, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Chauca, M. (2012). Validación de la eficiencia de antibióticos oxitetraciclina y gentamicina en el control de *agrobacterium tumefaciens*, agente causal de la agalla de la corona en *Rosa* sp. Sangolqui, Pichincha, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- DeRuiter. (2010). *deruiter*. Recuperado el 20 de Enero de 2018, de <http://deruiter.com/es/p-108/Productos/Rosa-de-corte>
- DeRuiter. (15 de Marzo de 2017). *www.deruiter.com*. Obtenido de <http://www.deruiter.com/product/en-267->
- Expoflores. (2013). *La estrategia exitosa de la floricultura*. Recuperado el 23 de Marzo de 2015, de <http://www.expoflores.com/index.php/servicios/25-kril-penectus-aliquet>

- Expoflores. (2017). *Cifras mensuales enero 2017*. Recuperado el 21 de Febrero de 2018, de <http://expoflores.com/wp-content/uploads/2017/04/Boletin%20Febrero%202017.pdf>
- Fainsten, R. (1997). *Manual para el cultivo de rosas en Latinoamerica*. Quito: Ecuaooffset Cía Ltda.
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Roma: Asociación internacional de la industria de los fertilizantes.
- Fuentes, J. (1999). *Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes*. España: Mundi-Prensa.
- García, G., & García, S. (2014). *Fertilizantes química y acción*. España: Mundi Prensa.
- GTM. (Octubre de 2016). www.gtm.net. Obtenido de <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ACIDO%20NITRICO.pdf>
- Guzmán, J., & López, J. (2004). *Ferti-Riego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura*. Almería.
- Horticultivos. (07 de 02 de 2017). *Horticultivos*. Obtenido de <http://horticultivos.com/diagnostico-y-manejo-nutritional-de-hortalizas/>
- Humagro. (15 de Abril de 2017). www.humagro.com. Obtenido de <https://humagro.com/wp-content/uploads/2017/04/Huma-Gro-Catalog-Spanish.pdf>
- Humagro, H. (2015). *Tecnología de Micro Carbono*. Recuperado el 19 de Abril de 2015, de <http://www.humagro.es/tecnologia-micro-carbono/>
- Jackson, W. (1993). *Humic, Fulvic and Microbial Balance: Organic Soil Conditioning: an Agricultural Text and Reference Book*. Jackson Research Center.
- Jácome, J. (Mayo de 2010). Estudio de una evaluación de fertilización orgánica para reemplazar la fertilización química en la producción de rosas (*Rosa spp*). *Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero agroindustrial*. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 21 de Febrero de 2018, de [file:///C:/Users/JESSICA/Downloads/CD-2918%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JESSICA/Downloads/CD-2918%20(1).pdf)
- López, J. (1981). *Cultivo del rosal en invernadero*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

- Luna, M. (2012). *Análisis y aplicación de técnicas geoestadísticas para la clasificación agrológica de suelos de la Hacienda El Prado IASA-ESPE*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- MA-56. (Serie 1998-2018). Estación agrometeorológica IASA. *Registros diarios de parámetros climáticos*. Sangolquí, Pichincha, Ecuador: S/ed. Base de datos.
- Mendez, F. (2010). *Identificación de parámetros productivos de variedades de Rosa (rosa sp.)*. Tabacundo, Pichincha: Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Montanarella, L. e. (2016). *Estado mundial del recurso suelo*. (B. Nufuentes, Ed., & R. Cortez, Trad.) Roma, Italia: Caon Lucrezia y otros. Recuperado el 21 de Febrero de 2018, de <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- Morejón, K. (2016). *Efecto de tres programas de fertilización con Tecnología Micro Carbono en la productividad, calidad y rentabilidad de tres variedades de rosa (Rosa. sp)*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Moscoso, F. (1 de Marzo de 2017). Proceso de análisis de suelo en Famous Lab. (S. Taipe, Entrevistador)
- Navarro, G., & Simón, N. (2013). *Química agrícola* (tercera ed.). España: Mundi-Prensa.
- Ortega, D. (1996). *Acidez y enclamiento en suelos de la floricultura. Memorias del III Simposio Nacional del Crisantemo: Suelos y Fisiología*. ASOCOLFLORES.
- Ortiz, R. (2008). *Hidroponia en el suelo*. Quito: Publicaciones ABYA-YALA.
- Padilla, A. (Diciembre de 2007). Curvas de absorción de nutrientes de la rosa variedad Rockefeller bajo condiciones de macrotúnel en la empresa Agroganadera Espinosa Chiriboga, Cotopaxi, Ecuador. Honduras: Zamorano.
- Padilla, W. (2014). *Clínica agrícola*. Obtenido de Grupo clínica agrícola: <http://www.clinica-agricola.com/InterpretacionSuelosyFoliar.html>
- Pizano, M. (2003). *Cultivo moderno de la rosa bajo invernadero*. Bogota: Hortitecnia Ltda.
- PPO, A., & Naaldwijk, P. (2001). *Handbook for Modern Greenhouse Rose Cultivation*. (E. H. Ltda., Ed., & M. Pizano de Márquez, Trad.) Netherlands: Applied plant Research Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

- Ramírez, F., Gómez, J., & Flóres, V. (2011). Evaluación del Fertilizante Orgánico Líquido de Lombriz San Rafael en el cultivo de rosa cv. Classy. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 64(2), 6147-6157. Recuperado el 21 de Febrero de 2018, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/rt/prINTERfriendly/29403/37155>
- Román, S. (2001). *Libro Azul Manual Básico de Fertirriego*. SOQUIMICH COMERCIAL S.A.
- Sánchez, J. (28 de Febrero de 2000). *Fertirrigación Principios, Factores, Aplicaciones*. Recuperado el 21 de Febrero de 2018, de <http://www.fertilizando.com/articulos/FertirrigacionPrincipiosFactoresAplicaciones.pdf>
- Tipanta, D. (2008). Respuesta de dos Variedades de Rosa (Rosa sp) a la Aplicación de dos Láminas de Fertirriego en Combinación con un gel puper absorbente. Quito: Tesis Ing. Agr. Quito Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Toro, O. (20 de Marzo de 2015). Protocolo para cuantificar la calidad de flor en el cultivo de rosa. (S. Taipe, Entrevistador)
- Ulloa, L. (2014). Alternativas al bromuro de metilo en el segundo ciclo productivo de *Gypsophila paniculata* L. var. Mirabela utilizando productos químicos, biológicos y biodesinfección. Guayllabamba, Ecuador.
- Wm. Reed, D. (1996). *Agua, Sustratos y Nutrición*. Santafé de Bogota: HortiTecnía Ltda.
- Yong, A. (2004). El Cultivo del Rosal y su Propagación. San José de las Lajas: Departamento de Fitotecnia.
- Zeledon, C., Lao, X., Gamisans, M., & Solé. (2004). Caracterización de la leonardita como material adsorbente de contaminantes para aguas residuales. *Quinto simposio latino sobre geología, minería, medio ambiente y sociedad* (pág. 6). Cubells (Noguera, Catalunya): Department d'Enginyeria Minera i Recursos Naturales (UPC).