

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Evaluación de la conductancia estomática, contenido clorofila y fluorescencia de clorofila en rosa bajo invernadero (var. Explorer) en Latacunga-Cotopaxi-Ecuador.

Mateo Eduardo Luzuriaga Espinosa

Ingeniería en Agroempresas

Trabajo integración curricular presentado como requisito para la obtención del título de
Ingeniero en Agroempresas

Quito, 6 de enero del 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO CIENCIAS E INGENIERÍAS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Evaluación de la conductancia estomática, contenido clorofila y fluorescencia de clorofila en rosa bajo invernadero (var. Explorer) en Latacunga-Cotopaxi-Ecuador.

Mateo Eduardo Luzuriaga Espinosa

Ingeniería en Agroempresas

Calificación:

Nombre del Profesor, título académico: Antonio León-Reyes; Ph.D.

Firma del profesor:

Quito, 6 de enero del 2020

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Mateo Eduardo Luzuriaga Espinosa

Código:

00124181

Cedula de Identidad:

1721159299

Lugar y fecha:

Quito, 6 de enero de 2020

Agradecimientos

Gracias a mis padres, abuelos y tías que han sido un apoyo durante mis estudios. Agradezco a mi primo Juan Esteban, e Ivanna que me han ayudado a lo largo del camino. De igual manera, a mis profesores, Antonio León, Mario Caviedes y Carlos Ruales que me compartieron conocimiento e hicieron de mi estadía en la universidad sea una experiencia amena.

RESUMEN

El estudio del rosal es importante para la agroindustria y economía ecuatoriana por lo que obtener información de las zonas más bioactivas del rosal es útil para mejorar la metodología de futuras investigaciones. Las respuestas fisiológicas a: conductancia estomática, fluorescencia de clorofila y contenido de clorofila fueron medidos en plantas de rosa variedad Explorer en diferentes estados fisiológicos (maduro y joven) y en tercios alto, medio y bajo. Como resultados, se encontró que si existe una diferencia significativa entre las respuestas fisiológicas de la fluorescencia y contenido de clorofila entre tercios y estados del Rosal. En el contenido de clorofila se puede observar que los tercios alto y medio, de la edad de brote: maduro, tienen mayor contenido de clorofila y pertenecen al mismo rango de significancia a de Tukey. Por otro lado, los tercios medio y bajo de los brotes jóvenes y el tercio bajo de los brotes maduros pertenecen al mismo rango de significancia b de Tukey. El menor contenido de clorofila se evidenció en el tercio alto de los brotes jóvenes y pertenece al rango de significancia c. De igual manera, dentro del análisis de Fluorescencia de Clorofila se puede observar que los tercios medio y bajo de ambas edades de brote (maduro y joven) tienen mayor fluorescencia de clorofila y pertenecen al mismo rango de significancia a de Tukey. Por otro lado, el tercio alto de los brotes jóvenes mostró menor fluorescencia de clorofila, perteneciendo al rango de significancia b. Por otro lado, no se encontró diferencia para la conductancia estomática. Se llegó a la conclusión de que si existe diferencia en la bioactividad entre plantas maduras y jóvenes y entre sus tercios: alto, medio y bajo para la fluorescencia y la cantidad de clorofila.

Palabras clave: Rosa, Respuestas Fisiológicas, Conductividad Estomática, Fluorescencia de Clorofila, cantidad de clorofila.

ABSTRACT

The study of the rose bush is important for the Ecuadorian agribusiness and economy, so obtaining information on the most bioactive areas of the rose bush is useful for improving the methodology of future research. The physiological responses to: stomatal conductance, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content were measured in plants of Explorer variety rose in different physiological states (mature and young) and in high, medium and low thirds. As a result, it was found that there is a significant difference between the physiological responses of fluorescence and chlorophyll content between thirds and Rosal states. In the chlorophyll content it can be seen that the high and middle thirds, of the age of the outbreak: mature, have a higher chlorophyll content and belong to the same range of significance of Tukey. On the other hand, the middle and low thirds of the young shoots and the lower third of the mature shoots belong to the same range of significance b of Tukey. The lower chlorophyll content was evident in the upper third of the young shoots and belongs to the range of significance c. Similarly, within the Chlorophyll Fluorescence analysis, it can be observed that the middle and low thirds of both ages of the outbreak (mature and young) have a higher chlorophyll fluorescence and belong to the same range of significance of Tukey. On the other hand, the high third of the young shoots showed lower chlorophyll fluorescence, belonging to the range of significance b. On the other hand, no difference was found for stomatal conductance. It was concluded, that there is a difference in bioactivity between mature and young plants and between their thirds: high, medium and low for fluorescence and the amount of chlorophyll.

Keywords: Roses, Physiological Responses, Stomatic Conductivity, Chlorophyll Fluorescence, amount of chlorophyll.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION	10
Descripción de las rosas	10
Importancia del cultivo a nivel mundial	11
Importancia del cultivo a nivel nacional	12
Implicaciones en la agricultura de la fisiología vegetal	14
Requerimientos edafoclimáticos del rosal	15
Temperatura	15
Humedad	15
Luz	16
Sustrato o suelo	17
Medidas de respuestas fisiológicas vegetales al ambiente	17
Conductancia estomática	17
Fluorescencia de la clorofila	17
Contenido de clorofila	19
Objetivo general	21
Objetivos específicos	21
Hipótesis	22
Metodología	22
Diseño experimental	22
Material biológico	22
Variables	22
Factores en estudio	22
Variables	23
Unidad experimental	23
Características del área y condiciones experimentales	23
Área total	23
Distancia de plantación entre surcos y sitios	24
Control de parcelas adyacentes	24
Esquema análisis estadístico	24
Procedimiento	24
Materiales y metodología para evaluar respuestas fisiológicas	25
Conductancia estomática	25
Fluorescencia de la clorofila	26
Contenido de clorofila	26
Resultados	27
Resultados Fluorescencia de la Clorofila	28
Resultados Contenido de Clorofila	29
Resultados Conductancia Estomática	30
Correlación Temperatura y Radiación con Contenido de clorofila, Fluorescencia de Clorofila y Conductancia Estomática	31
Correlación entre Radiación y Conductancia Estomática	33
Discusión	35
Conductancia estomática	35

Fluorescencia de la clorofila	35
Contenido de clorofila.....	36
Conclusión	37
Bibliografía	39
ANEXOS	45
Fluorescencia de clorofila	45
Contenido de Clorofila.....	46

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Correlacion Temperatura y Radiación con Contenido de clorofila, Fluorescencia de Clorofila y Conductancia Estomática	32
Tabla 2: Anova Fluorescencia de clorofila	45
Tabla 3: Tukey Fluorescencia de clorofila.....	45
Tabla 4: Anova Contenido de clorofila.....	46
Tabla 5: Tukey Contenido de clorofila	46
Tabla 6: Anova Conductancia estomática.....	47
Tabla 7: Tukey Conductancia estomática.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Participación en el mercado mundial de flores de corte.....	11
Figura 2: Participación en el mercado mundial en producción de rosas.....	11
Figura 3: Participación de rosas dentro de la producción nacional de flores de corte.....	12
Figura 4: Principales importadores de rosas ecuatorianas	13
Figura 5: Distribución de fincas productoras de rosas dentro del territorio nacional.....	13
Figura 6: Temperatura y Humedad durante etapa experimental.....	27
Figura 7: Radiación en etapa experimental.....	28
Figura 8: Comparación de la Fluorescencia de la clorofila entre edades y tercios.....	29
Figura 9: Comparación del Contenido de Clorofila entre edades y tercios	30
Figura 10: Comparación de la Conductancia Estomática entre edades y tercios	31
Figura 11: Correlación entre Conductancia estomática y Radiación.....	33

INTRODUCCION

Descripción de las rosas

Los rosales son plantas leñosas, arbustivas pertenecientes al género Rosa, y a la familia Rosaceae. Existen cerca de 300 especies y miles de hibridaciones que crecen cada año debido a su gran popularidad y uso comercial. Sus flores varían en forma, tamaño y aroma. Muchas de las variedades son originarias de Asia, Europa, América del Norte y el noreste de África. Es una planta de gran popularidad y difusión en el mundo, llegando a ser muy importante en muchas culturas y tradiciones. Su principal uso es el ornamental y el número de hibridaciones que existen aumenta cada año debido a la búsqueda de nuevas formas y combinaciones de colores en las rosas (Yong, 2004).

El estudio del comportamiento fisiológico de la planta de rosa es esencial para su comprender como interacciona la planta con los factores ambientales en los cuales se la cultiva, más aún cuando dichos factores tienen una relación directa con la asimilación de nutrientes y la susceptibilidad que presentan las plantas frente a plagas y enfermedades. Es por esta razón, que comprender el comportamiento fisiológico en la planta de rosa es de gran importancia para el productor comercial de rosas.

Importancia del cultivo a nivel mundial

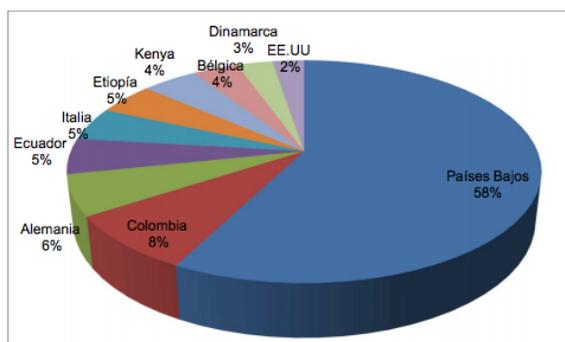


Figura 1: Importancia en el mercado mundial de flores de corte

Fuente: Banco Central del Ecuador, 2016

Ecuador participa en el 5% del mercado mundial de flores de corte ocupando el cuarto puesto después de los Países Bajos, Colombia y Alemania. Lo que nos muestra que es un productor importante de flores de corte para el mercado mundial.

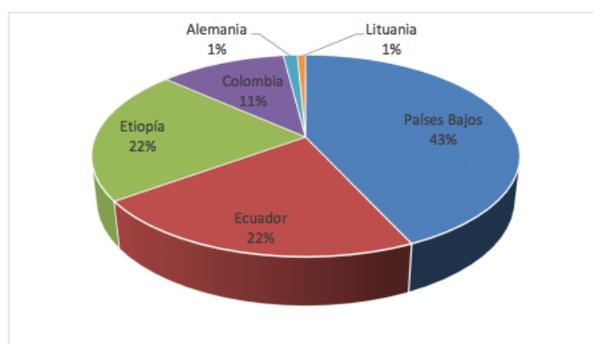


Figura 2: Importancia en el mercado mundial en producción de rosas

Fuente: Trade Map, 2016

En la figura 2 podemos observar que Ecuador se encuentra emparejado con Etiopía ocupando el tercer puesto en la producción de rosas a nivel mundial, participando con aproximadamente con el 22% de la producción mundial. El primer productor son los Países bajos

con el 43% de la producción total.

Importancia del cultivo a nivel nacional

En el Ecuador existen 629 fincas florícolas registradas en Agrocalidad, de las cuales 471 siembran rosas. El sector flores, incluyendo las rosas y otras flores, generan 105,000 plazas de trabajo directas e indirectas, y de forma directa se contratan 50,000 empleados, un promedio de 12 personas por hectárea, de los cuales el 51% son mujeres (Banco Central del Ecuador, 2017). Las rosas se producen en la sierra ecuatoriana por sus condiciones óptimas de altura y luminosidad. Dentro de las exportaciones nacionales las flores de corte, en particular las rosas, constituyen la fracción más grande. Dentro de la cual existen 2 grupos principales de flores, las rosas y las flores de verano donde las gypsófilas son las más importantes, sus exportaciones en dólares han tenido un incremento del 68.37% anual, entre el periodo 2008-2012. A partir del año 2008, las rosas se mantuvieron como líderes en el mercado ecuatoriano, a pesar de que su participación en las exportaciones florícolas de ciertos años se ha visto reducida (Pro Ecuador, 2017).

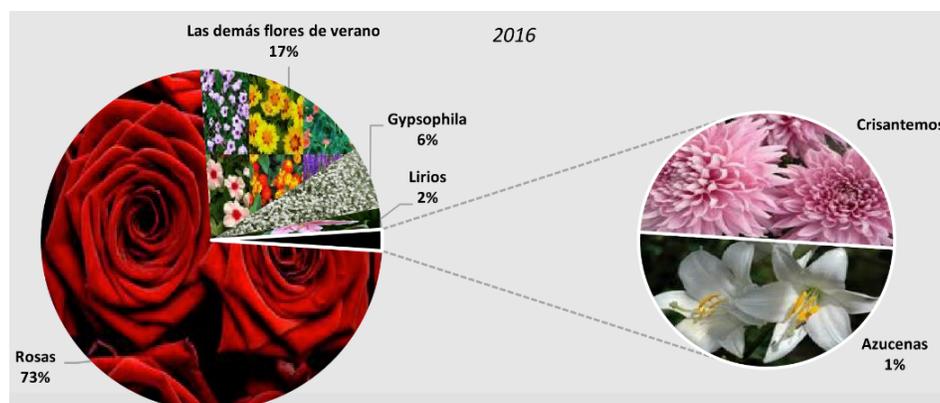
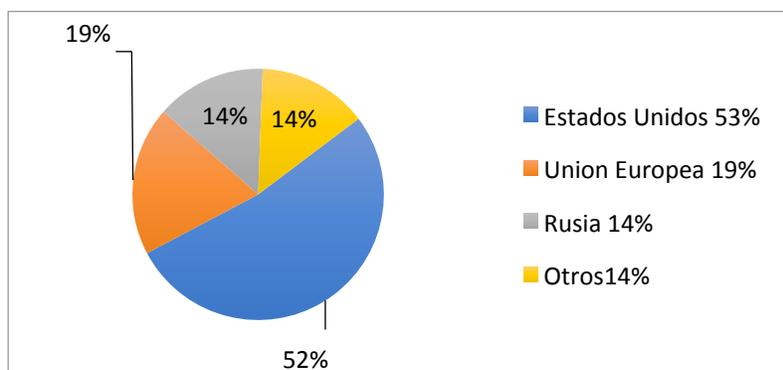


Figura 3: Importancia de rosas dentro de la producción nacional de flores de corte

Fuente: Análisis sectorial de rosas, Pro-Ecuador, 2014.

En la figura 3 podemos observar que las rosas conforman el porcentaje mayoritario dentro de las exportaciones de flores de corte seguido por la *Gypsophila* y el resto de las flores



de verano. Esto nos muestra que las rosas son un rubro de extrema importancia para el país y el sector agrícola.

Figura 4: Principales importadores de rosas ecuatorianas

Fuente: Pro-Ecuador, 2014

Los principales destinos de las rosas ecuatorianas son Estados Unidos con el 53%, La Unión Europea con 19%, Rusia con 14% y otros países con el 14%.

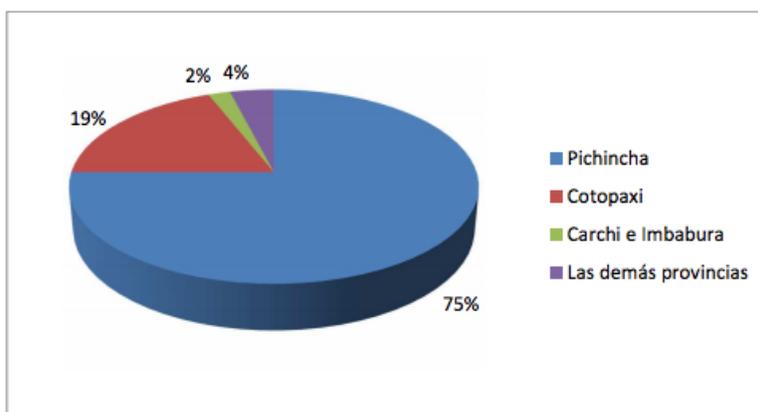


Figura 5: Distribución de fincas productoras de rosas dentro del territorio nacional.

Fuente: Pro-Ecuador, 2014.

Se puede apreciar que el 75% de la producción nacional de rosas del Ecuador se encuentra en la provincia de Pichincha, seguido por la provincia de Cotopaxi con el 19%. Esto nos indica que la producción de rosas se encuentra concentrada en la Sierra ecuatoriana, esto es importante, ya que se observa que el sector florícola es de suma importancia para la economía para la región andina del Ecuador.

Implicaciones en la agricultura de la fisiología vegetal

Dentro del manejo de un cultivo tan tecnificado como las rosas, es necesario obtener la mayor cantidad de información posible, con más información sobre sus respuestas a factores ambientales, factores que podemos controlar dentro del invernadero, la producción será más optimizada y la agricultura de precisión podrá emplearse de una manera más productiva. Comprender sus respuestas puede ayudarnos a emplear otras técnicas en el cultivo, como: la fertilización con CO₂ y otros.

El efecto del fertilizante CO₂ se ha subestimado durante los experimentos de enriquecimiento de dióxido de carbono en el aire libre (FACE), donde se muestra, mediante los resultados, que el aumento de los niveles de CO₂ en la atmósfera mejora la fotosíntesis, reduce la transpiración y aumenta la eficiencia del uso del agua (WUE) (Ceccarelli, y otros, 2010). El aumento de la biomasa es uno de los efectos con simulaciones de experimentos que predicen un aumento del 5 al 20% en los rendimientos de los cultivos a 550 ppm de CO₂. Se pudo encontrar que las tasas de fotosíntesis de las hojas aumentaron entre 30 y 50% en las plantas C₃, y entre 10 y 25% en C₄ con niveles de CO₂ duplicados (Tubiello, Soussana, y Howden, 2007)

Predecir cómo se desempeñarán las estomas durante la adaptación es útil para comprender la productividad de los sistemas vegetales tanto para los sistemas naturales como agrícolas (Buckley y Mott, 2013). Los fitomejoradores y agricultores trabajan utilizando el fitomejoramiento evolutivo y participativo para encontrar las especies más adecuadas, como las variedades de cultivos resistentes al calor y a la sequía, que naturalmente podrían evolucionar hacia el cambio frente a los desafíos de seguridad alimentaria.

Requerimientos edafoclimáticos del rosal

Temperatura

El rango de temperatura óptimo para los cultivos puede variar entre los 17-25°C, durante la noche se puede dar una temperatura mínima de 15°C y durante el día una temperatura máxima de 28°C (Info Agro, 2018). Las rosas son muy sensibles a cambios de temperatura. Bajas temperaturas pueden provocar un retraso en el crecimiento de la planta, puede incrementar el número de botones ciegos y producir flores con gran número de pétalos y flores deformes en caso de que se abran. Temperaturas excesivamente altas también dañan a la producción, ocasionando un elevado incremento de botones ciegos y produciendo flores más pequeñas de lo normal, con poca cantidad de pétalos y de color más cálido (Ehret, Menzies, y Helmer, 2005).

Humedad

Para una óptima apertura de estomas y se favorezca el intercambio gaseoso debe existir un porcentaje de humedad relativa apropiada, de igual manera, esto es esencial para evitar el brote de enfermedades en la planta. Generalmente, la humedad relativa debería variar entre el 60-70%, excepto en algunos periodos del ciclo, como, después de la plantación, ya que aquí es donde requiere mayor humedad para estimular el crecimiento y disminuir las pérdidas por

evapotranspiración, de igual manera, varía en Poda, para estimular la formación de yemas y el crecimiento, en este período la humedad relativa debe estar entre 85 y 90%. Si los niveles de humedad son inferiores al 60%, se puede experimentar daños por deshidratación e incremento de plagas, como ácaros. La humedad relativa del invernadero se debe regular mediante ventilación y riego de los caminos centrales (Ehret, Menzies, y Helmer, 2005).

Luz

La producción de las rosas puede variar durante las estaciones del año. La productividad es más alta durante el verano en comparación al invierno (Maas & Bakx, 1995). Esto se da debido a que la rosa es una planta de día neutro. Por ende, durante el verano, cuando prevalecen elevadas intensidades luminosas y la duración del día aumenta, la producción se eleva. La intensidad lumínica es la responsable de la longitud y dureza del tallo, y del número y tamaño de las flores (Maas & Bakx, 1995). Una intensidad lumínica baja puede provocar que se den tallos largos, finos, flexibles y con un menor número de flores, y un mayor número de brotes ciegos. A pesar de que la rosa sea una planta de día neutro es necesario el sombreado durante el verano e incluso en primavera y en otoño, dependiendo de la climatología del lugar. Dicho sombreado debe ser implementado de forma progresiva. Una intensidad lumínica muy elevada va acompañada de una alta radiación solar (Reid, 2008).

En lugares donde la intensidad lumínica es baja durante el invierno, es recomendable el uso de luz artificial. Sin embargo, se debe tomar en cuenta los diferentes aspectos económicos debido a la rentabilidad. Por ejemplo, en Holanda se aplica luz artificial durante 16 horas, con una intensidad de 3000 lux (con lámparas de sodio). De esta manera, se puede observar una mejora en la producción durante el invierno, tanto en términos de calidad como de cantidad (Cabrera y Perdomo, 2003).

Sustrato o suelo

Se requiere un sustrato suelto y rico en materia orgánica, con buena capacidad de aireación y drenaje, debido a que sus raíces pueden llegar a ser muy sensibles al encharcamiento. El pH debe oscilar entre 6-7, aunque esto puede depender del portainjerto utilizado (Info Agro, 2018). Las rosas no toleran elevados niveles de calcio, si este elemento es aplicado en exceso, puede provocar clorosis. Tampoco toleran elevados niveles de sales solubles, su máxima tolerancia es de 2 dS/m. El exceso de sales produce quemaduras en los márgenes de las hojas (Reid, 2008).

Medidas de respuestas fisiológicas vegetales al ambiente

Conductancia estomática

Los movimientos estomáticos brindan a la hoja la oportunidad de cambiar tanto la presión parcial de CO₂ como la tasa de transpiración. En cambio, los cambios en la tasa de transpiración pueden causar cambios en la temperatura y el potencial hídrico de la hoja. Fundamental para cualquier examen del funcionamiento del estoma es la comprensión de cómo la tasa de asimilación de CO₂, la temperatura de la hoja y la tasa de transpiración (Farquhar y Sharkey, 1982). El porómetro mide la conductancia estomática mediante el flujo de vapor desde la hoja a través de los estomas, y permite distinguir entre la transpiración de las hojas y las que se han cerrado (METER, 2019).

Fluorescencia de la clorofila

La fluorescencia de la clorofila es la luz emitida por las moléculas de clorofila durante el retorno de los estados excitados a los no excitados (Baker & Rosenqvist, 2004). Se utiliza como indicador de conversión de energía fotosintética en plantas superiores, algas y bacterias. La

clorofila excitada disipa la energía luminosa absorbida estimulando la fotosíntesis (conversión de energía fotoquímica), como calor en enfriamiento no fotoquímico o mediante emisión como radiación de fluorescencia. Como estos procesos son complementarios, el análisis de fluorescencia de clorofila es una herramienta importante en la investigación de plantas con un amplio espectro de aplicaciones (Lu y Zhang, 1999).

La energía de la luz absorbida por las moléculas de clorofila en una hoja puede experimentar uno de tres casos, se puede usar para conducir la fotosíntesis (fotoquímica), el exceso de energía puede disiparse como calor o volver a emitirse como luz: fluorescencia de clorofila (Maxwell y Johnson, 2000). Estos tres procesos se producen en la competencia, de modo que si cualquiera aumenta provocara que el rendimiento de los otros dos disminuya. Por lo tanto, al medir la fluorescencia de clorofila, se puede obtener información sobre los cambios en la eficiencia de la fotoquímica y la disipación de calor. La fluorescencia de clorofila proporciona información sobre el estado del Fotosistema II. Indica en qué medida el FII está utilizando la energía absorbida por la clorofila y en qué medida está siendo dañada por el exceso de luz. El flujo de electrones a través del FII es indicativo de la tasa general de fotosíntesis. Nos da la posibilidad de estimar el rendimiento fotosintético, en condiciones en las que fallarían otros métodos, de una manera casi instantánea. También se acepta que el Fotosistema II es la parte más vulnerable del aparato fotosintético al daño inducido por la luz. El daño al FII a menudo será la primera manifestación de estrés en una hoja. La fluorescencia puede mostrar la capacidad de una planta para tolerar el estrés ambiental y que medida este estrés ha dañado el aparato fotosintético (Maxwell y Johnson, 2000). El fluorómetro utilizado para este estudio nos brindan la ventaja de que las muestras se miden y comparan en el mismo estado oscuro adaptado y mide

la eficiencia cuántica máxima del FII en plantas. El equipo da información en términos de FV/M y FV/O, en este caso se usaron los datos de FV/M.

Actividad del Fotosistema II

El Fotosistema II da paso a la fotosíntesis oxigenada en plantas, algas y cianobacterias. De igual manera, esta captura la luz solar, potencia la oxidación foto-inducida del agua al oxígeno atmosférico. El fotosistema II es el primer complejo proteico en las reacciones dependientes de la luz de la fotosíntesis oxigenada. Se encuentra en la membrana tilacoide de plantas, algas y cianobacterias (Govindjee, Messinger, y Whitmarsh, 2010). Dentro del fotosistema, las enzimas capturan fotones de luz para energizar electrones que luego se transfieren a través de una variedad de coenzimas y cofactores para reducir la plastoquinona a plastoquinol. Los electrones energizados son reemplazados por agua oxidante para formar iones de hidrógeno y oxígeno molecular (Loll, y otros, 2005).

Contenido de clorofila

La clorofila brinda a las plantas su color verde característico. El pigmento de clorofila es esencial en la fisiología, productividad y economía de las plantas verdes. La cantidad de clorofila por unidad de área es un indicador de la capacidad fotosintética de una planta. La cantidad de clorofila en el tejido de la hoja es influenciada por la disponibilidad de nutrientes y el estrés ambiental, como la sequía, la salinidad, el frío y el calor, etc. es por esta razón que cuantificar el contenido de clorofila ha sido un campo bastante explorado por varios científicos (Palta, 1990).

Las plantas superiores contienen dos tipos de clorofilas, clorofila a y clorofila b. La clorofila a es de color verde azulado y la clorofila b es de color verde amarillento (Palta, 1990).

En el tejido de la hoja el contenido de clorofila a suele ser tres veces mayor que la clorofila b. La fórmula molecular para la clorofila a es $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$ y la clorofila b es $C_{55}H_{70}N_4O_5Mg$. La molécula de clorofila contiene una 'cabeza' de porfirina y una 'cola' de fitol. En la célula, la clorofila se intercala entre las proteínas y las capas lípidas de las láminas de cloroplasto (Palta, 1990). La parte de porfirina está unida a la proteína mientras que la 'cola' de fitol se extiende hacia la capa lípida. Las clorofilas son insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos (Palta, 1990).

Papel del nitrógeno

De todos los elementos metabólicos que las plantas usan del suelo, el que necesita el mayor cantidad es el nitrógeno. El nitrógeno existe en forma orgánica e inorgánica y el mayor contenido de nitrógeno se encuentra en semillas, hojas, brotes y raíces. La deficiencia de nitrógeno provoca una pérdida de color verde en las hojas, disminuye el área de la hoja, así como la intensidad de la fotosíntesis. Es importante comprender los procesos de absorción y distribución de nitrógeno en los cultivos debido a factores ambientales y a los productos de calidad en los cultivos. La absorción y acumulación de nitrógeno en los cultivos representa dos componentes principales del ciclo del nitrógeno en el sistema agrícola. La relación entre nitrógeno y la acumulación de biomasa en los cultivos se basa en la regulación recíproca del proceso fisiológico de múltiples cultivos. Por lo tanto, la absorción y distribución de nitrógeno en plantas y cultivos involucra muchos aspectos de crecimiento y desarrollo (Bojović y Marković, 2009).

Como el contenido de N de la hoja está fuertemente correlacionado con el contenido de clorofila, el uso del medidor de Desarrollo de Análisis de Planta de Suelo (SPAD) se ha introducido como una técnica popular, rápida y barata para estimar los niveles de N a partir de la

medición de la transmitancia de la hoja (Gholizadeh, y otros, 2017). El SPAD determina la cantidad de clorofila que existe en una determinada área foliar por medio de longitudes de onda que pasan por esta área, este equipo mide cuanta absorbancia tiene la hoja en la sección de luz roja e infrarroja. De esta forma, provee datos cuantitativos proporcionales al contenido de clorofila en la muestra vegetal (IBERICA, 2019). La técnica ayuda al control de N en tiempo real, lo que conduce a la aplicación de tasa variable y al manejo de cultivos específicos del sitio (Gholizadeh, y otros, 2017).

En base a un estudio controlado sobre la concentración de nutrientes en el tejido de la hoja, se sugirió un rango óptimo de concentración de nitrógeno de 3.2-4.0% en las hojas. De igual manera, basado en investigaciones, observaciones y encuestas sobre invernaderos comerciales, un valor crítico de tejido foliar de 3% de nitrógeno se convirtió en el estándar para las rosas de invernadero (Cabrera, 2000).

En el siguiente estudio se realizó medidas de conductancia estomática, contenido de clorofila y fluorescencia de clorofila en rosas variedad Explorer de plantas con edades maduro y joven y, en tercios alto medio y bajo durante un período de 7 meses. Esto con el fin de comparar las respuestas fisiológicas entre tercios y edades.

Objetivo general

Comparar respuestas fisiológicas entre tercios (alto, medio y bajo) y estados fisiológicos (joven y maduro) para identificar las zonas más bio activas de la rosa en producción.

Objetivos específicos

- Determinar los valores de la conductancia estomática, contenido de clorofila y fluorescencia de la clorofila entre brotes maduros y jóvenes de rosas en producción.

- Obtener los valores de la conductancia estomática, contenido de clorofila y fluorescencia de la clorofila entre los tercios bajo, medio y alto de rosas en producción.
- Correlacionar la conductancia estomática, contenido de clorofila y fluorescencia de la clorofila con la temperatura y radiación.

Hipótesis

Hay una diferencia en la respuesta fisiológica de la planta en la conductancia estomática, el contenido y fluorescencia de clorofila entre la edad (maduro y joven) y tercio (alto, medio y bajo) de tallos de rosa variedad Explorer.

Metodología

Diseño experimental

Las medidas de los parámetros fisiológicos fueron realizadas en unidades experimentales de manera aleatoria, donde se utilizó un DCA factorial 2x3 (diseño completamente aleatorizado). Las unidades experimentales, el ambiente y condiciones ambientales fueron homogéneas. El software que se utilizó para el análisis de los datos fue el IBM SPSS®, el cual ofrece un análisis estadístico avanzado. Para los datos obtenidos de la conductancia estomática, se hizo una transformación de datos (logaritmo base 10).

Material biológico

El material biológico consistió en medir los parámetros fisiológicos en 390 plantas de la variedad Explorer.

Variables

Factores en estudio

- Estado de brote (2)

- Maduro
- Joven
- Tercio del tallo (3)
 - Alto
 - Medio
 - Bajo

Variables

- Conductancia Estomática
- Contenido de Clorofila
- Fluorescencia de la Clorofila

Unidad experimental

La unidad experimental consiste en un tallo productivo dividido en tres partes alto, medio y bajo.

Características del área y condiciones experimentales

La investigación se realizó en la Finca Olya Farms en Lasso perteneciente al cantón Latacunga en la provincia de Cotopaxi. Las coordenadas geográficas del lugar son: 0°46'10.9"S 78°36'06.5"W. Tiene una altitud de 2900 msnm con temperaturas promedio de 15 grados centígrados, con suelos franco-arenosos.

Área total

El área tiene forma rectangular, se realizó el ensayo en 5 camas, dentro de un área con una longitud de 180 m^2 en un invernadero “full metal” con un área de 1000 m^2 .

Distancia de plantación entre surcos y sitios

Las plantas se encuentran sembradas en camas de 30 metros de largo, 60 cm de ancho con una distancia entre camas de 60 cm.

Control de parcelas adyacentes

El área del experimento se encuentra en un lugar donde la interacción con otras especies vegetales es mínima, además, al ser un cultivo protegido no existe una interacción importante con las parcelas adyacentes.

Esquema análisis estadístico

Se realizó un anova DCA factorial 2 x 3 con 6 repeticiones, 5 tratamientos y se realizo las medidas 13 veces a lo largo del periodo experimental.

ANOVA	
TOTAL	389
TRATAMIENTOS	5
A	1
B	2
AXB	2
ERROR EXPERIMENTAL	384

Procedimiento

La etapa experimental del ensayo se realizó durante siete meses, desde noviembre del 2018 a mayo del 2019. La toma de datos se realizó semanalmente los sábados de 10:00 am a 12:00 pm aproximadamente. Se midieron tres variables con su respectivo equipo, la

conductancia estomática con el Porómetro, el contenido de clorofila con el SPAD y la fluorescencia de la clorofila con el Fluorómetro.

Se consideraron brotes maduros a lo que tenían la inflorescencia en estado ya abierto y se podía apreciar en totalidad el botón de la rosa. De la misma manera para los brotes jóvenes, se tomaron en cuenta, brotes con con inflorescencia en estado de arroz.

Para determinar los tercios de los brotes se dividió cada brote en tres partes iguales para tomar las mediciones.

Materiales y metodología para evaluar respuestas fisiológicas

Los equipos utilizados para este estudio fueron: SC-1 Leaf Porometer, utilizado para medir la conductancia estomática. El fluorómetro modelo OS30P+OPTI-SCIENCES INC, utilizado para medir la fluoresceína. Y el SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter, utilizado para medir el contenido de clorofila.

Los datos de radiación se obtuvieron del equipo de fertirriego Nitzcan issi. Los datos de humedad en el invernadero se obtuvieron de Proskit Nt-311 data logger. Todos los datos se recopilaron en el rango de tiempo que se realizaron las medidas 10 a 12 am durante trece fechas, empezando la semana 46 del 2018 hasta la semana 18 del 2019.

Conductancia estomática

Para la investigación, se usó un SC-1 Leaf Porometer. Para la obtención de datos de las hojas de rosa se seleccionó una hoja por cada tercio (alto, medio y bajo) y edad (maduro y joven), evitando tomar datos de hojas que presenten alteraciones o daños causados por enfermedades y plagas, con el fin de evitar que exista un error en la toma de datos ocasionada por falta de homogeneidad en el estado de las hojas. Se colocó la pinza en la hoja de manera horizontal evitando colocar su centro en venas marcadas de la hoja y se repitió este proceso para

los tres tercios y dos estados de los brotes de rosa similares a Sotelo (2011), Cai (2014) y Giday (2013).

Fluorescencia de la clorofila

Para medir la fluorescencia de la clorofila se utilizó un fluorómetro modelo OS30P+OPTI-SCIENCES INC. El fluorómetro mide el estrés temprano de la planta que afecta al fotosistema II. Antes de poder tomar datos con el fluorómetro se debe adaptar la hoja a un estado de oscuridad con clips oscuros durante un periodo de 20 minutos. Esto se hace usando una luz modulada débil, la cual es muy baja para conducir la fotosíntesis, pero lo suficientemente alta para excitar la fluorescencia de la antena pre-fotosintética. Después, el fluorómetro modulado irradia la muestra de la planta con una luz de saturación intensa que es tanto alta como larga, para reducir o cerrar completamente todos los centros de reacción de PSII disponibles (Hakam, 2000).

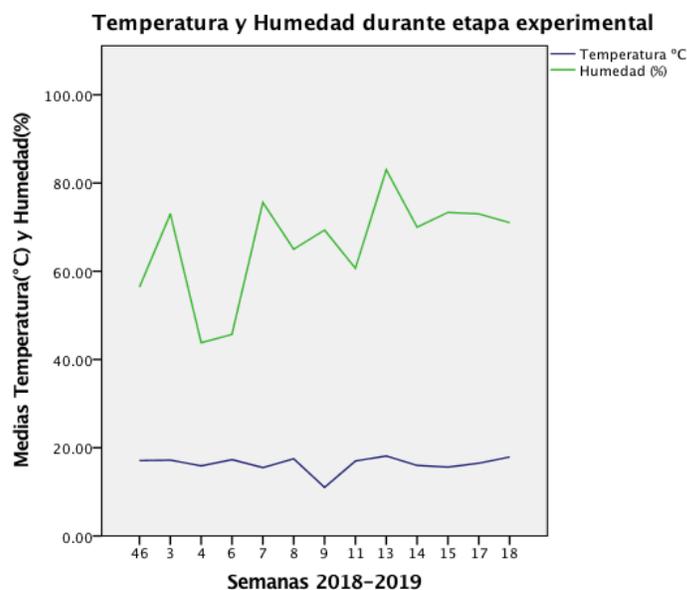
Contenido de clorofila

Para la obtención de datos se usó un SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter. El equipo mide el contenido de clorofila de las plantas para reducir el riesgo de deficiencias que limitan el rendimiento o la sobre fertilización costosa (Spectrum Technologies, 2019). El SPAD permite una medición rápida y fácil del contenido de clorofila de las hojas de la planta sin dañar la hoja. Para la obtención de datos, primero se calibró el equipo mientras se presiona la pinza. Y se procedió a tomar los datos de las respectivas hojas de los tallos maduros y jóvenes en tercios alto, medio y bajo. En el estudio de Ketter (2014) su metodología describe que realiza sus mediciones en la parte media y alta de la planta.

Resultados

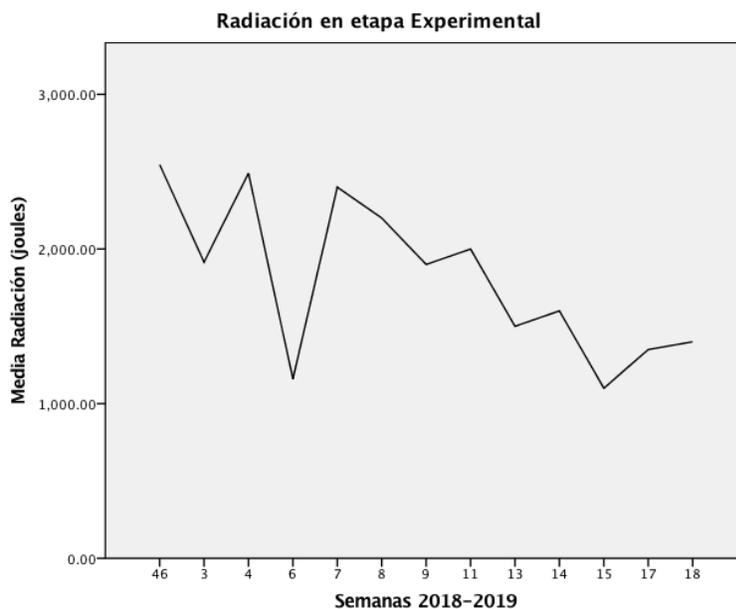
De las medidas de factores ambientales como temperatura, humedad y radiación se pudo observar que la temperatura dentro del invernadero durante la etapa experimental se mantuvo, en promedio, constante con un valor promedio de 19.90 grados. De la misma forma, la humedad fue variada y tuvo tendencia a subir desde la semana 9, en promedio se tuvo una humedad relativa de 66.14 % durante la etapa experimental. Por otra lado, la radiación disminuyó desde la semana 3 y se obtuvo un radiación promedio de 1812.13 joules durante la etapa experimental.

Figura 6: Temperatura y Humedad durante etapa experimental



Temperatura y Humedad durante la etapa experimental donde se muestra la variación en temperatura y humedad durante 6 meses (desde la semana 46 del 2018 hasta la semana 18 del 2019).

Figura 7: Radiación en etapa experimental

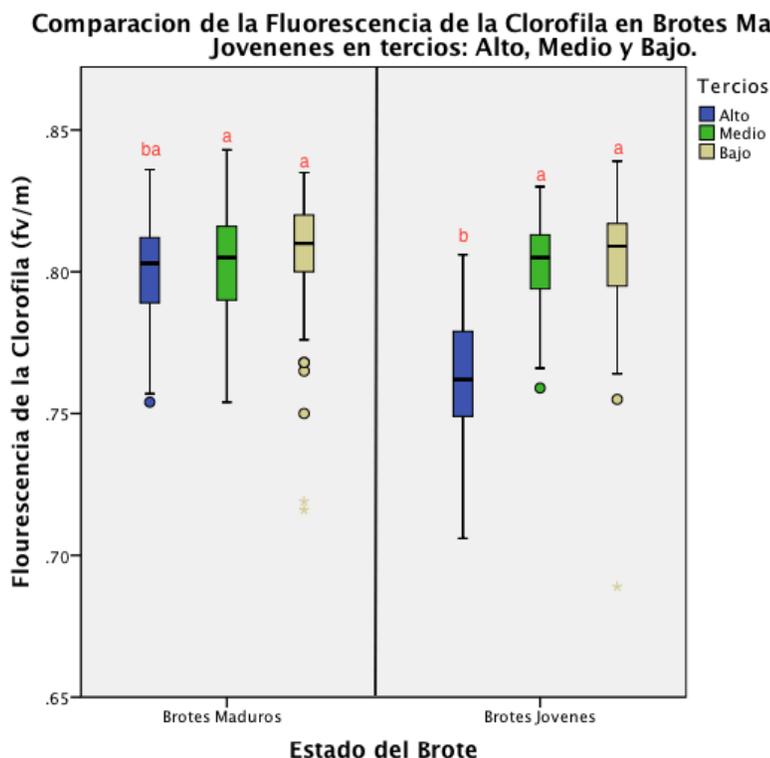


Radiación durante la etapa experimental donde se muestra la variación durante 6 meses (desde la semana 46 del 2018 hasta la semana 18 del 2019).

Resultados Fluorescencia de la Clorofila

En la comparación de la fluorescencia de clorofila en brotes maduros y joven en tercios, alto medio y bajo pudimos observar que existe diferencia en sus respuestas entre edades y tercios. Se encontró que los tercios medio y bajo de ambas edades de brote (maduro y joven) tienen mayor fluorescencia de clorofila y pertenecen al mismo grupo estadístico (a) de Tukey. Por otro lado, el tercio alto de los brotes jóvenes mostró menor fluorescencia de clorofila, perteneciendo al grupo estadístico (b) de Tukey.

Figura 8: Comparación de la Fluorescencia de la clorofila entre edades y tercios

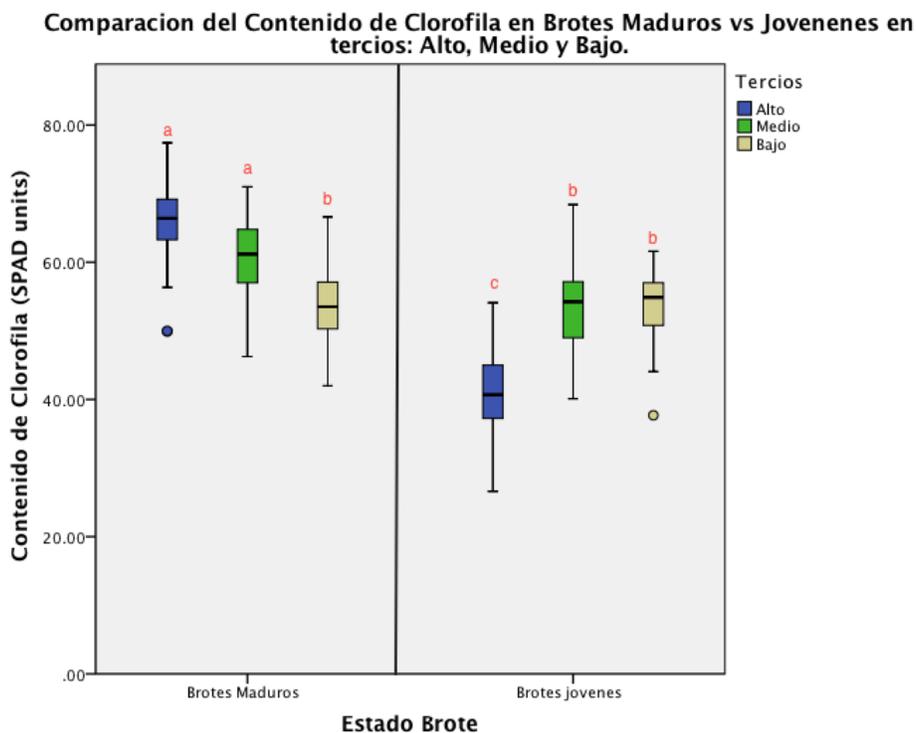


Comparación de la fluorescencia de clorofila entre brotes maduros y jóvenes en tercios alto, medio y bajo. Donde se diferencian los rangos de significancia de tukey: a,ab y b.

Resultados Contenido de Clorofila

En la comparación del contenido de clorofila en brotes maduros y joven en tercios, alto medio y bajo pudimos observar que existe diferencia en sus respuestas entre edades y tercios. se puede observar que los tercios alto y medio, de la edad de brote: maduro, tienen mayor contenido de clorofila y pertenecen al mismo rango de significancia (a) de Tukey. Por otro lado, los tercios medio y bajo de los brotes jóvenes y el tercio bajo de los brotes maduros pertenecen al mismo rango de significancia (b) de Tukey. El menor contenido de clorofila se evidenció en el tercio alto de los brotes jóvenes y pertenece al rango de significancia (c) de Tukey.

Figura 9: Comparación del Contenido de Clorofila entre edades y tercios

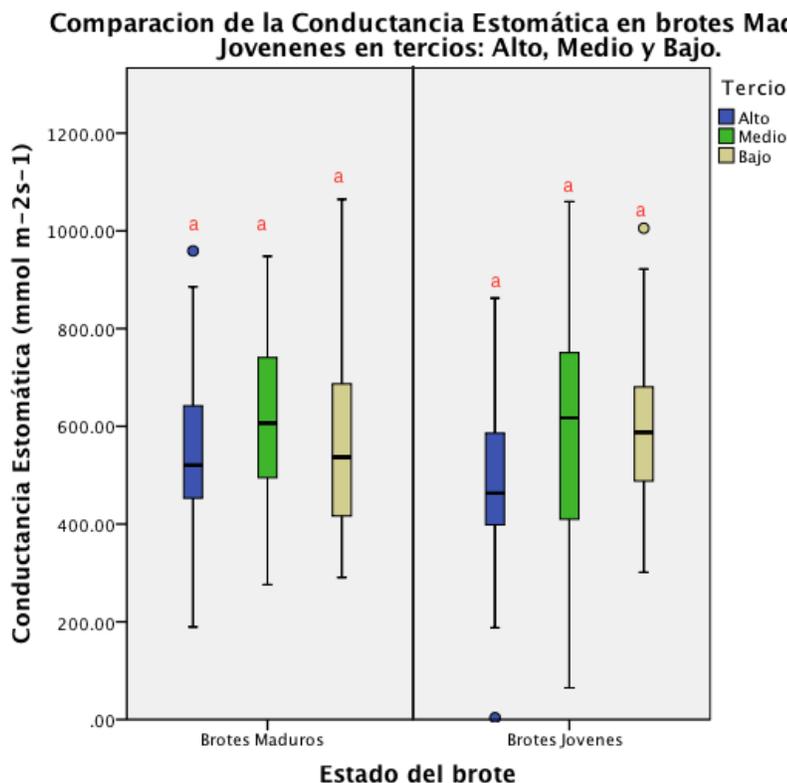


Comparación del contenido de clorofila entre brotes maduros y jóvenes en tercios: alto, medio y bajo, Donde se diferencian los rangos de significancia de tukey: a, b, y c.

Resultados Conductancia Estomática

En la comparación de la fluorescencia de clorofila en brotes maduros y joven en tercios, alto medio y bajo pudimos observar que en los tercios medios de ambas edades (maduro y joven) existe una mayor actividad estomática. Sin embargo, no existe diferencia estadística entre tercios ni edades ya que todos pertenecen al mismo rango de significancia (a) de Tukey.

Figura 10: Comparación de la Conductancia Estomática entre edades y tercios



Comparación de la conductancia estomática entre brotes maduros y jóvenes en tercios: alto, medio y bajo. Donde se muestra el rango de significancia de tukey a.

Correlación Temperatura y Radiación con Contenido de clorofila, Fluorescencia de Clorofila y Conductancia Estomática

Como resultado de las correlaciones entre las variables de estudio: Contenido de clorofila, fluorescencia de la clorofila y Conductancia estomática y factores ambientales: Temperatura y Radiación. Se realizó un análisis de correlación con el valor de R^2 donde se encontró una leve correlación entre la conductancia estomática y la radiación. En la figura 11 se puede observar que la línea de correlación tiene una tendencia positiva, lo que nos indica que

existe una relación directamente proporcional entre radiación la conductancia estomática. En otras palabras, mientras más alto sea el valor de la radiación, más alto serán los niveles de conductancia estomática.

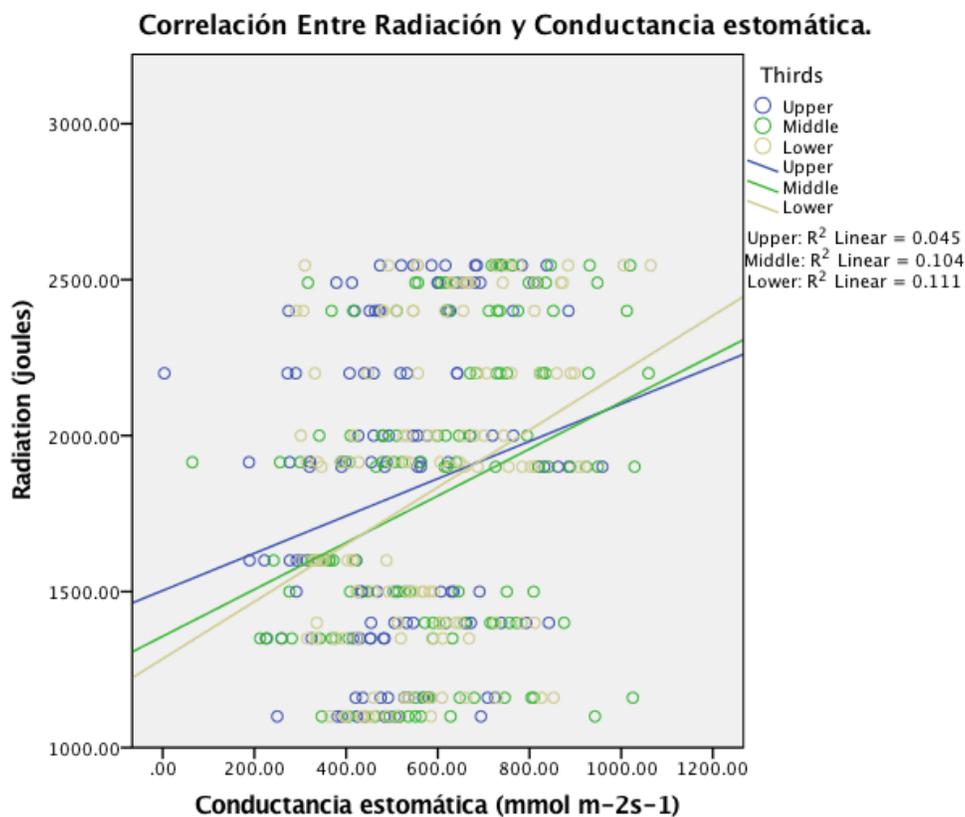
Correlación Temperatura y Radiación con Contenido de clorofila, Fluorescencia de Clorofila y Conductancia Estomática

Correlación	Contenido de Clorofila	Fluorescencia de Clorofila	Conductancia Estomática
Temperatura	R ² value Tercios: Alto 0.001; Medio 0.003; Bajo 0.004 Estados: Maduro 0.001; Joven 1.130E-4	R ² value Tercios: Alto 0.017; Medio 0.003; Bajo 0.010 Estados: Maduro 0.006; Joven 0.004	R ² value Tercios: Alto 0.018; Medio 0.007; Bajo 0.003 Estados: Maduro 0.004; Joven 0.012
	sig: 0.870	sig: 0.201	sig: 0.084
Radiación	R ² value Tercios: Alto 1.833E-4; Medio 0.001; Bajo 0.024 Estados: Maduro 0.018; Joven 0.008	R ² value Tercios: Alto 0.026; Medio 0.008; Bajo 0.003 Estados: Maduro 0.026; Joven 0.003	R ² value Tercios: Alto 0.045; Medio 0.104; Bajo 0.11 Estados: Maduro 0.100; Joven 0.067
	sig: 0.819	sig: 0.058	sig: 0.000

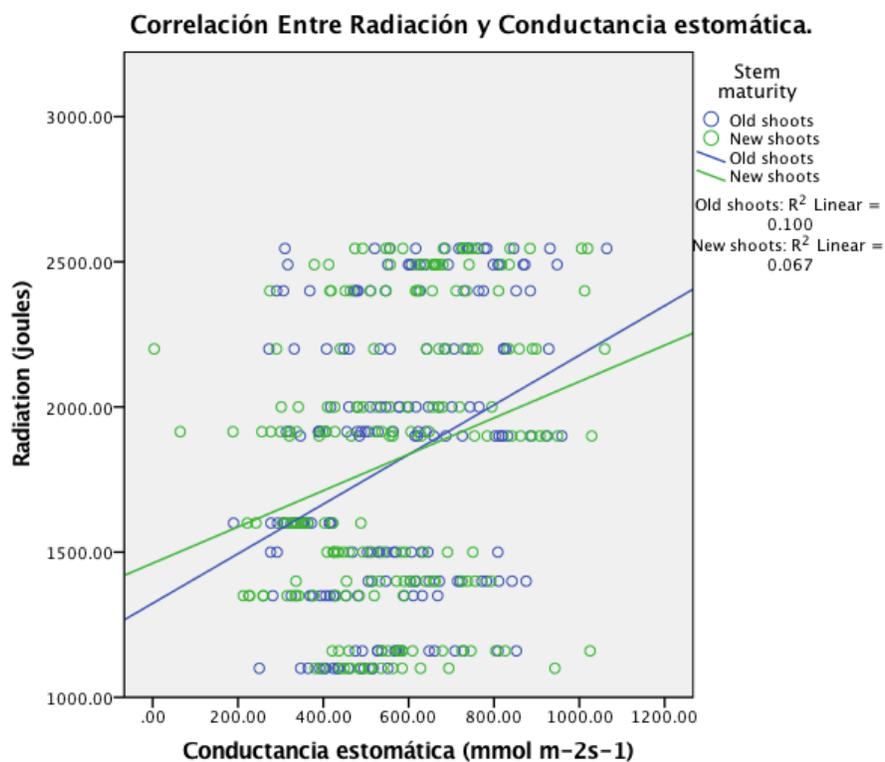
Se muestra el resultado de la correlación de temperatura y radiación con el Contenido de Clorofila, Fluorescencia de Clorofila y Conductancia Estomática. Se puede observar que no se encontró correlación entre la temperatura y ninguna de las variables de estudio. Por otro lado, se encontró correlación entre radiación y la conductancia estomática.

Correlación entre Radiación y Conductancia Estomática

Figura 11: Correlación entre Conductancia estomática y Radiación



Se muestra la correlación de la radiación y la conductancia estomática detallando los tercios: alto, medio y bajo. Donde se puede observar que la línea de tendencia es positiva y que el 4% de la actividad de la conductancia estomática del tercio alto se da por la radiación. De la misma manera, 10% de la actividad de la conductancia estomática del tercio medio se da por la radiación. Por último, 11% de la actividad de la conductancia estomática del tercio bajo se da por la radiación.



Se muestra la correlación de la radiación y la conductancia estomática detallando los Estados: maduro y joven. Donde se puede observar que la línea de tendencia es positiva y que el 6% de la actividad de la conductancia estomática del estado de brote joven se da por la radiación. De la misma manera, 10% de la actividad de la conductancia estomática del estado de brote maduro se da por la radiación.

Discusión

Conductancia estomática

En este estudio, se observó que las diferencias de las medias de la conductancia estomática en edades (maduro y joven) no fueron significativas. Por otro lado, si se encontró diferencia entre tercios (alto, medio y bajo). Existe una tendencia a que el tercio medio tanto de maduro como joven sea más activo en la planta, sin embargo, no se encontró una diferencia significativa para los rangos de significancia de Tukey. De igual manera, los resultados reflejan que la media de conductancia estomática fue $566.30 \text{ mmol } m^2 \cdot s^{-1}$ lo que concuerda con los parámetros de Ann Rose Mary (1994), en su estudio de conductancia e intercambio gaseoso con rangos de $400 - 800 \text{ mmol } m^2 \cdot s^{-1}$.

El estudio de Rose (1994) mostró que la dependencia de la temperatura de la hoja de la conductancia también se debe a la tasa de transpiración, pero esta vez a través del presupuesto de energía de la hoja. Aunque la física del presupuesto de energía se entiende bien, pocos estudios de laboratorio comparan los cambios reales y previstos en la temperatura de la hoja debido a la dificultad para caracterizar la naturaleza del intercambio de calor. Se debe prestar especial atención al equilibrio térmico al evaluar los efectos de la tasa de transpiración en la tasa de asimilación.

Fluorescencia de la clorofila

Se observó que las diferencias de las medias de la fluorescencia de clorofila en edades y tercios fueron significativas (Figura 8). Se encontraron que los tercios medio y bajo de ambas edades de brote (maduro y joven) tienen mayor fluorescencia de clorofila y pertenecen al mismo grupo estadístico (a). Por otro lado, el tercio alto de los brotes jóvenes mostró menor fluorescencia de clorofila, perteneciendo al grupo estadístico (b). De igual manera, los resultados

reflejan que la media de fluorescencia fue 0.80 lo que concuerda con los parámetros de Opti-sciences, para plantas saludables en un rango de 0.79 – 0.84 Fv/Fm (Opti-sciences, n.d.) Esto nos indica que los tercios con mayor respuesta a la fluorescencia de la clorofila también están dentro de un rango óptimo de su respuesta fisiológica. Pompodakis (2005) realizó un estudio y en la metodología toma datos de hojas maduras altas, evitando venas centrales, independientemente del tercio. Sus resultados mostraron medias similares a las obtenidas 0.79 Fv/Fm con una media de 0.75 Fv/Fm.

Contenido de clorofila

Se observó que las diferencias de las medias de la fluorescencia de clorofila en edades y tercios fueron significativas; se encontraron que los tercios alto y medio, de la edad de brote: maduro, tienen mayor contenido de clorofila y pertenecen al mismo grupo estadístico a. Por otro lado, los tercios medio y bajo de los brotes jóvenes y el tercio bajo de los brotes maduros pertenecen al mismo grupo estadístico b. El menor contenido de clorofila se evidenció en el tercio alto de los brotes jóvenes y pertenece al grupo estadístico c.

Las medias de contenido de clorofila 54.77 SPAD units concuerda con la medida obtenida en el estudio de Ketter (2014), donde se comparó el contenido de clorofila de plantas de rosa desarrolladas en el suelo y en sustrato de semillas de cacao, donde el contenido de clorofila para plantas saludables en sustrato de cacao fue 51.7 SPAD units.

En base a un estudio controlado sobre la concentración de nutrientes en el tejido de la hoja, se sugirió un rango óptimo de concentración de nitrógeno de 3.2-4.0% en las hojas. De igual manera, basado en investigaciones, observaciones y encuestas sobre invernaderos comerciales, un valor crítico de tejido foliar de 3% de nitrógeno se convirtió en el estándar para las rosas de invernadero (Cabrera, 2000).

Conclusión

En conclusión, se encontró que si existe una diferencia significativa entre las respuestas fisiológicas de la fluorescencia y contenido de clorofila entre tercios y estados del Rosal. En el contenido de clorofila se puede observar que los tercios alto y medio, de la edad de brote: maduro, tienen mayor contenido de clorofila y pertenecen al mismo rango de significancia a de Tukey al 5%. Por otro lado, los tercios medio y bajo de los brotes jóvenes y el tercio bajo de los brotes maduros pertenecen al mismo rango de significancia b de Tukey al 5 %. El menor contenido de clorofila se evidencio en el tercio alto de los brotes jóvenes y pertenece al rango de significancia c. Esto nos indica que las mayores concentraciones de clorofila y nitrógeno se encuentran en las partes medias y si existe una diferencia entre brotes maduros y jóvenes.

Del análisis de Fluorescencia de Clorofila se puede observar que los tercios medio y bajo de ambas edades de brote (maduro y joven) tienen mayor fluorescencia de clorofila y pertenecen al mismo rango de significancia a usando Tukey al 5%. Por otro lado, el tercio alto de los brotes jóvenes mostró menor fluorescencia de clorofila, perteneciendo al rango de significancia b. Esto nos indica que la mayor cantidad de actividad fotosintética se lleva a cabo en la parte media y baja de la planta, de la misma forma, la parte apical de los brotes jóvenes muestra las menores respuestas. Por otro lado, no se encontró diferencia para la conductancia estomática, lo que nos indica que las plantas tienen una activación homogénea de la conductancia estomática con una pequeña tendencia a ser más activo en los tercios medios de la planta.

RECOMENDACIONES

Con el fin de obtener una mejor apreciación de los efectos ambientales sobre las variables, recomiendo realizar este estudio por dos periodos completos de invierno y verano para poder contrastar los datos y realizar una curva de los cambios de factores ambientales a través del paso de las semanas.

Bibliografía

- Álvarez, P., García, R., Mora, M., González, J., Siclán, S., & Lidya, M. (2015). Estado actual de *Peronospora sparsa*, causante del Mildiu Velloso en rosa (*Rosa* sp.). *Revista mexicana de fitopatología*, 113-125.
- Baker, N., & Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of experimental botany*, 1607-1621.
- Banco Central del Ecuador. (2017). *BANCO CENTRAL DEL ECUADOR*. Obtenido de <https://sintesis.bce.fin.ec/BOE/OpenDocument/opendoc/openDocument.jsp?SIDType=CUID&iDocID=Fp4PoVc9FQcAmD4AAEAJEg4.ABshh3hV&token=bceqsappbo01:6400@5611901Jhmfp55J2y8m7IUGwknej6j5611899JHn6P1a8XLsck9bE4crGe59ONEOFF>
- Bojović, B., & Marković, A. (2009). Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac Journal of Science*, 69-74.
- Buckley, T., & Mott, K. (2013). Modelling stomatal conductance in response to environmental factors. *Plant, cell & environment*, 1691-1699.
- Cabrera. (2000). Evaluating yield and quality of roses with respect to nitrogen fertilization and leaf nitrogen status. *Culture Techniques with Special Emphasis on Environmental Implications-Nutrient Management*, 133-140.
- Cabrera, R., & Perdomo, P. (2003). Reassessing the salinity tolerance of greenhouse roses under soilless production conditions. *HortScience*, 533-536.
- Cai, X., Niu, G., Starman, T., & Hall, C. (2014). Response of six garden roses (*Rosa* × *hybrida* L.) to salt stress. *Scientia horticultrae*, 27-32.

- Ceccarelli, S., Grando, S., Maatougui, M., Michael, M., Slash, M., Haghparast, R., & Labdi, M. (2010). Plant breeding and climate changes. *The Journal of Agricultural Science*, 627-637.
- Cortes, S. (2011). Producción de rosas para flor de corte en suelo abonado con biosolidos. Mexico .
- Dale, P. (1973). Elimination of root-knot nematodes from roses by chemical bare-root dips. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 121-122.
- Ehret, D., Menzies, J., & Helmer, T. (2005). Production and quality of greenhouse roses in recirculating nutrient systems. . *Scientia horticultrae* , 103-113.
- Estevez, J. (2004). Evaluación de los efectos y comportamientos fisiologicos de dos variedades de rosas "Rosa floribunda old fasion variedad Charlotte y Rosa Floribunda hybrid tea variedad Vendela" bajo condiciones ambientales controladas en la finca "Terrafrut" del sector G. Ibarra, Ecuador.
- Farquhar, G., & Sharkey, T. (1982). Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual review of plant physiology*, 317-345.
- Floral Daily. (1 de Septiembre de 2017). *Floral Daily*. Obtenido de <https://www.floraldaily.com/article/9008243/explorer-rose-is-conquering-the-world/>
- Gholizadeh, A., Saberioon, M., Borůvka, L., Wayayok, A., & Soom, M. (2017). Leaf chlorophyll and nitrogen dynamics and their relationship to lowland rice yield for site-specific paddy management. *Information Processing in Agriculture* , 259-268.
- Giday, H., Kjaer, K., Fanourakis, D., & Ottosen, C. (2013). Smaller stomata require less severe leaf drying to close: a case study in *Rosa hydrida*. . *Journal of Plant Physiology* , 1309-1316.

- Govindjee, K., Messinger, J., & Whitmarsh, J. (2010). Photosystem II. *Encyclopedia of life sciences (ELS)*.
- Greenlife. (s.f.). *Greenlife*. Obtenido de Greenlife Crop Protection Africa:
<https://www.greenlife.co.ke/effects-of-nematodes-on-roses/>
- Hakam, N., DeEll, J., Khanizadeh, S., & Richer, C. (2000). Assessing chilling tolerance in roses using chlorophyll fluorescence. *HortScience*, 184-186.
- IBERICA. (2019). *IBERICA*. Obtenido de
<http://www.gisiberica.com/MEDIDOR%20DE%20CLOOROFILA/MCL502.htm>
- Info Agro. (2018). *El cultivo de las rosas para corte*. Obtenido de
<https://www.infoagro.com/flores/flores/rosas.htm>
- INIA. (08 de Noviembre de 2016). *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de INIA: <http://www.inia.cl/sanidadvegetal/2016/11/08/moho-gris-botrytis-cinerea/>
- Ketter, N., Kariuki, W., Wesonga, J., Elings, A., & Hoogerwerf, F. (2014). Vegetative growth of rose flower in cocopeat and soil in Naivasha, Kenya. *In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014)*, 95-102.
- Ketter, N., Kariuki, W., Wesonga, J., Elings, A., & Hoogerwerf, F. (2014). Vegetative growth of rose flower in cocopeat and soil in Naivasha, Kenya. *In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes*, 95-102.
- KONICA MINOLTA. (2019). *KONICA MINOLTA*. Obtenido de
<https://www5.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/products/colour-measurement/chlorophyll-meter/spad-502plus/introduction.html>

- LABFERRER. (2019). *LABFERRER*. Obtenido de <https://www.labferrer.com/sensores/instrumentacion-y-sensores/porometro-conductancia-estomatica/porometro-sc-1.html>
- Loll, B., Kern, J., Saenger, W., Zouni, A., & Biesiadka, J. (2005). Towards complete cofactor arrangement in the 3.0 Å resolution structure of photosystem II. *Nature*.
- Lu, C., & Zhang, J. (1999). Effects of water stress on photosystem II photochemistry and its thermostability in wheat plants. *Journal of Experimental Botany*, 1199-1206.
- Maas, F., & Bakx, E. (1995). Effects of light on growth and flowering of Rosa hybrids Mercede. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 571-576.
- Madariaga, R., & Vera, C. (2017). *Instituto de investigaciones agropecuarias*. Obtenido de INIA: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/FichasTecnicasSanidadVegetal/Ficha%2078%20Oidio.pdf>
- Maxwell, K., & Johnson, G. (2000). Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of experimental botany*, 659-668.
- METER. (2019). *Meter Environment*. Obtenido de Meter group: metergroup.com/environment/products/sc-1-leaf-porometer/
- Opti-sciences. (s.f.). *Opti-sciences*. Obtenido de Opti-sciences: https://www.optisci.com/assets/os30p-_brochure.pdf
- Ortega, V. (2011). Evaluacion in vitro en laboratorio de seis fungicidas con diferentes mecanismos de accion, como alternativa para el control de oidio (*Oidium* sp.) en el cultivo aislado de rosas. Ibarra, Ecuador.
- Palta, J. (1990). Leaf chlorophyll content. *Remote sensing reviews*, 207-213.

- Pompodakis, N., Terry, L., Joyce, D., Lydakakis, D., & Papadimitriou, M. (2005). Effect of seasonal variation and storage temperature on leaf chlorophyll fluorescence and vase life of cut roses. *Postharvest Biology and Technology*, 1-8.
- Pro Ecuador. (2017). *Analisis sectorial de flores*. Obtenido de Direccion de Inteligencia Comercial e Inversiones: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/07/PROEC_AS2013_FLORES.pdf
- Reid, A. (2008). Greenhouse roses for cutflower production. *Department of Agriculture and Food*.
- Rose, M. A., & Rose, M. A. (1994). Oscillatory transpiration may complicate stomatal conductance and gas-exchange measurements. *HortScience*, 693-694.
- Sotelo, Y., Restrepo, H., García, A., Ramírez, A., & Flórez, V. (2011). Effect of Kaolin Film Particle Applications (Surround WP®) and Water Deficit on Physiological Characteristics in Rose Cut Plants (Rose spp L.). *American Journal of Plant Sciences* , 354.
- Spectrum Technologies. (2019). *Spectrum Technologies, Inc*. Obtenido de <https://www.specmeters.com/nutrient-management/chlorophyll-meters/chlorophyll/spad502p/>
- Tipan, J. (2015). Estudio fenologico y productivo de diez variedades de rosa (Rosa sp.) en dos ciclos de producción. Quito, Ecuador.
- Tubiello, F., Soussana, J., & Howden, S. (2007). Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Yáñez, M., Ayala, F., Partida, L., Velázquez, T., Godoy, T., & Días, T. (2014). Efecto de bicarbonatos en el control de cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.).

Revista mexicana de ciencias agrícolas, 991-1000.

Yong, A. (2004). El cultivo del rosal y su propagacion. *Cultivos Tropicales*, 53-67.

ANEXOS

Fluorescencia de clorofila

Tabla 2: Anova Fluorescencia de clorofila

ANOVA								
FV	GL	JC	CM	F.	SIG.	CV	SY	SD
<i>TOTAL</i>	389	0.25						
<i>TRATAMIENTOS</i>	5	0.088	0.018	41.633	0.000			
<i>A</i>	1	0.013	0.013	31.623	0.000			
<i>B</i>	2	0.047	0.023	55.373	0.000			
<i>AXB</i>	2	0.028	0.014	32.898	0.000			
<i>ERROR</i>	384	0.162	0.000423			2.58	0.0092	0.013

Anova univariante para observar las diferencias de medias entre la fluorescencia de clorofila en brotes maduros y jóvenes en tercios: alto, medio y bajo. Se observó que las diferencias de las medias de la fluorescencia de clorofila en edades y tercios fueron significativas; Edad $F(1)=31.6$, $p=0.00$. Tercio $F(2)=55.3$, $p=0.00$. Edad x Tercio $F(2)=32.9$, $p=0.00$.

Tabla 3: Rangos de significancia de Tukey Fluorescencia de clorofila

Prueba de Tukey						
Tratamiento	<i>Joven/alto</i>	<i>Maduro/alto</i>	<i>Maduro/medio</i>	<i>Joven/medio</i>	<i>Maduro/bajo</i>	<i>Joven/bajo</i>
media	0.763	0.799	0.802	0.803	0.805	0.805
Grupos	b	ba	a	a	a	a

Se realizó una prueba Tukey de post-hoc en donde se encontraron diferencias significativas entre la fluorescencia de clorofila en brotes maduros y jóvenes en tercios: alto, medio y bajo ($p<0.05$). Los tratamientos: Joven/bajo, Maduro/bajo, Joven/medio y Maduro/medio fueron los que mostraron mayor fluorescencia de la clorofila.

Contenido de Clorofila

Tabla 4: Anova Contenido de clorofila

ANOVA								
FV	GL	JC	CM	F.	Sig.	CV	SY	SD
<i>TOTAL</i>	389	34736.67						
<i>TRATAMIENTOS</i>	5	23247.599	4649.52	155.401	0.000			
<i>A</i>	1	11503.455	11503.455	384.481	0.000			
<i>B</i>	2	1218.873	609.437	20.369	0.000			
<i>AXB</i>	2	10525.27	5262.635	175.893	0.000			
<i>ERROR</i>	384	11489.071	29.919			9.99	2.4462	3.459

Anova univariante para observar las diferencias de medias entre el contenido de clorofila en brotes maduros y jóvenes en tercios: alto, medio y bajo. Se observo que las diferencia de las medias de la fluorescencia de clorofila en edades y tercios fueron significativas; Edad $F(1)=155.401$, $p=0.00$. Tercio $F(2)=20.369$, $p=0.00$. Edad x Tercio $F(2)=175.893$, $p=0.00$.

Tabla 5: Rangos de significancia de Tukey Contenido de clorofila

Prueba de Tukey						
Tratamiento	<i>Joven/alto</i>	<i>Joven/medio</i>	<i>Joven/bajo</i>	<i>Maduro/bajo</i>	<i>Maduro/medio</i>	<i>Maduro/alto</i>
media	40.695	53.556	53.772	54.025	60.918	65.665
Grupos	c	b	b	b	a	a

Se realizó una prueba Tukey de post-hoc en donde se encontraron diferencias significativas entre la contenido de clorofila en brotes maduros y jóvenes en tercios: alto, medio y bajo ($p<0.05$). Los tratamientos: Maduro/alto, Maduro/medio fueron los que mostraron mayor contenido de clorofila.

Resultados Conductancia Estomática

Tabla 6: Anova Conductancia estomática

ANOVA								
FV	GL	JC	CM	F.	Sig.	CV	SY	SD
<i>TOTAL</i>	389	14.363						
<i>TRATAMIENTOS</i>	5	0.66	0.132	3.701	0.003			
<i>A</i>	1	0.061	0.061	1.708	0.192			
<i>B</i>	2	0.428	0.214	5.993	0.003			
<i>AXB</i>	2	0.178	0.086	2.406	0.092			
<i>ERROR</i>	384	13.703	0.036			11.50	0.0849	0.120

Anova univariante para observar las diferencias de medias entre la conductancia estomática en brotes maduros y jóvenes en tercios: alto, medio y bajo. Se observó que las diferencias de las medias de la conductancia estomática en edades no fueron significativas. Por otro lado, si se encontró diferencia significativa en tercios. Transformación de datos log10.

Tabla 7: Rangos de significancia de Tukey: Conductancia estomática

Prueba de Tukey						
Tratamiento	<i>joven/alto</i>	<i>maduro/alto</i>	<i>maduro/bajo</i>	<i>joven/medio</i>	<i>joven/bajo</i>	<i>maduro/medio</i>
media	2.638	2.714	2.726	2.739	2.753	2.764
Rango sig.	a	a	a	a	a	a

Se realizó una prueba Tukey de post-hoc en donde no se encontraron diferencias significativas entre la conductancia estomática en brotes maduros y jóvenes en tercios: alto, medio y bajo ($p < 0.05$). El tratamiento Maduro/medio mostro la mayor media en conductancia estomática. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa por lo que todos los tratamientos pertenecen al mismo rango de significancia (a).