

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DEL PRODUCTO NITROBACTER®
DENTRO DE UN PLAN DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA
SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MELON DORADO
(*Cucumis melo* L.) HIBRIDO 6276 EN PILAS DE CANJEL,
NANDAYURE, GUANACASTE.**

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

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

2016

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DEL PRODUCTO NITROBACTER®
DENTRO DE UN PLAN DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA
SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MELON DORADO
(*Cucumis melo* L.) HIBRIDO 6276 EN PILAS DE CANJEL,
NANDAYURE, GUANACASTE.**

LUIS CARLOS VILLEGAS AGÜERO

Miembros del Tribunal Evaluador:

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



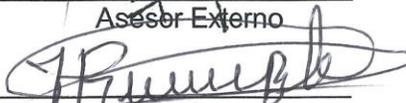
Asesor

Ing. Agr. Víctor Manuel Mendoza Díaz, Lic.



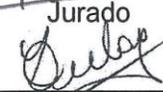
Asesor Externo

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



Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA



Coordinadora

Trabajos Finales de Graduación

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



Director

Escuela de Agronomía

2016

DEDICATORIA

A Dios

A Dios por darme la vida, sabiduría y fortaleza para lograr esta meta.

A mí familia

A mis abuelos, Emel Villegas y Carmen Agüero, por ser parte fundamental de mi vida y de este logro, por haber creído siempre en mí, por darme ese gran amor y por darme siempre lo que necesite, por darme la oportunidad de estudiar.

A mí madre, por estar ahí cuando uno más lo necesita, por enseñarme a diferenciar lo bueno de lo malo, por ser mi ejemplo a seguir, por todo ese amor que me da.

A mis hermanos, por estar siempre a mi lado, por ser parte importante en este logro, por ser un apoyo cuando más lo necesite.

A mis tíos, tías, primos, primas que siempre me dieron ese apoyo para salir adelante, por estar ahí cuando más uno ocupaba un consejo, una ayuda.

A mí sobrino Arjen, por llegar a llenar nuestras vidas de amor, felicidad y paz; por ser un impulso de superación.

A todos los que estuvieron cerca o lejos, pero que fueron parte importante de esta experiencia.

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios por haberme permitido concluir con mi carrera profesional, una de las etapas más importantes en mi vida.

A mi familia a quien tanto amo, que tanto apoyo me ha brindado durante toda esta etapa.

A todos los profesores que fueron parte de mi aprendizaje, por todo el conocimiento transmitido hacia nosotros, Especialmente a Don Arnoldo Gadea, quien fue un consejero y colaborador en este proyecto.

A todas aquellas personas que estuvieron conmigo durante la etapa de estudios: Carolina, Cocorí, Bicho, Chiza, Corea, Jacobo, Mccred, Alejandra, Tucu, Jupa, Burro, Tín, Garra, Daniel, Gloria, Héctor, Wachi, Moco, Chocuaco y todos los demás, Gracias.

A Alonso Quesada **“Cara e’ Barbie”**, y Rodrigo Benavidez **“Pelos”**, que aunque ya no están con nosotros físicamente, siempre van a estar en nuestro corazón y pensamientos.

A todo el personal de Agroexportaciones Canjel S.A. que siempre estuvieron dispuestos a ayudar en el desarrollo de este proyecto.

A mi primo Axel por haber sido parte de este proyecto y brindarme esa ayuda en los momentos que más necesitaba, gracias mae.

A Andrea González por todo el apoyo brindado durante mi estancia en la Universidad.

Gracias a todos por los consejos y por el tiempo compartido.

GRACIAS!!!!!!!

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE CUADROS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. General.....	3
2.2. Específicos.....	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Cultivo de Melón (Cucumis melo L.).....	4
3.1.1. Botánica del cultivo de melón (Cucumis melo L.).....	4
3.1.2. Material Vegetal.....	6
3.1.3. Fertilización.....	6
3.2. Biofertilización Nitrogenada.....	7
3.3. Fijación Biológica del Nitrógeno.....	8
3.4. Bacterias fijadoras de Nitrógeno.....	9
3.4.1. Biofertilizante.....	10
3.5. Ciclo del Nitrógeno.....	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1. Ubicación del área de estudio.....	13
4.2. Período de Estudio.....	13
4.3. Descripción del Material Experimental.....	14
4.4. Diseño Experimental y de Muestreo.....	15
4.5. Descripción de Tratamientos.....	15
4.6. Establecimiento y Desarrollo del ensayo.....	17
4.7. Variables Evaluadas.....	17
4.7.1. Rendimiento.....	17
4.7.2. Crecimiento.....	19
4.7.3. Costos de Producción.....	23
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
5.1. Crecimiento.....	24
5.2. Concentración de Nutrientes.....	28
5.3. Absorción de Nutrientes.....	30

5.4. Rendimiento	32
5.5. Costos de Producción	36
6. CONCLUSIONES	38
7. RECOMENDACIONES	39
8. BIBLIOGRAFÍA.....	40
9. ANEXOS.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista aérea de la finca y lote (recuadro rojo) donde se realizó el ensayo de evaluación del efecto de Nitrobacter con diferentes dosis de nitrógeno sintético en el cultivo de melón dorado híbrido 6276, Pilas de Canjel, Nandayure, Guanacaste, 2016.....	13
Figura 2: Muestra comercial del producto utilizado en la evaluación del efecto de Nitrobacter en combinación con diferentes dosis de Nitrógeno sintético en el cultivo de melón dorado híbrido 6276, Pilas de Canjel, Nandayure, Guanacaste, 2016.....	14
Figura 3: Elaboración de las mezclas para la aplicación de los tratamientos.	16
Figura 4: Momento y forma de aplicación de la fertilización al cultivo de Melón dorado híbrido 6276.....	17
Figura 5: Pesaje de frutos previo a la cosecha en el cultivo de Melón dorado híbrido 6276.	18
Figura 6: A) Refractómetro utilizado para medir la concentración de sólidos solubles totales (Grados Brix) al momento de cosecha. B) Parte del fruto utilizado para medir los grados Brix al momento de la cosecha.	19
Figura 7: Muestra de plantas enteras para la estimación de absorción de nutrimentos en melón dorado, híbrido 6276. A) muestra fresca picada y homogenizada. B) Muestras secas pulverizadas para ser empleadas en el análisis químico.....	20
Figura 8: Procedimiento utilizado para determinar el área foliar en el cultivo de melón dorado híbrido 6276. Gadea 2016.	21
Figura 9: Planta Seleccionada para el conteo de hojas totales, número y longitud de las guías al momento de cosecha.....	22

Figura 10: Frutos seleccionados para estimación de crecimiento de frutos desde 35 DDT a cosecha. A) identificación de frutas. B) Muestra de pesaje de las frutas seleccionadas.	23
Figura 11: Cultivo de Melón con Agribon a partir de los 5 días después de trasplante (DDT).	24
Figura 12: Efecto de la aplicación de Nitrobacter y la reducción de la fertilización nitrogenada sobre el peso seco total de plantas de melón dorado, híbrido 6276 en Agro exportaciones Canjel S.A., ciclo 2016.	27
Figura 13: Efecto de la aplicación de Nitrobacter y de la reducción de la fertilización nitrogenada sobre el peso de los frutos de melón dorado, Híbrido 6276, de los 35 a 57 DDT, Agroexportaciones Canjel S.A., ciclo 2016.	28
Figura 14: Hoja de melón con sintomatología de Crinivirus.....	34
Figura 15: Porcentaje de aprovechamiento de cajas estimadas en campo con respecto a cajas empacadas para los diferentes tratamientos empleados en la investigación.	35

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Requerimientos climáticos del cultivo de melón.....	5
Cuadro 2: Croquis del área experimental y distribución de las unidades experimentales en el ensayo de validación del efecto del producto Nitrobacter en el cultivo de melón dorado híbrido 6276.	15
Cuadro 3: Descripción de los tratamientos utilizados en la investigación en Melón Dorado Híbrido 6276 en la Empresa Agroexportaciones Canjel S.A.	16
Cuadro 4: Escala de Calibres de fruto de Melón Dorado.....	18
Cuadro 5: Costo total de aplicaciones de fertilizantes vía sistema de riego para cada uno de los tratamientos empleados en la investigación.....	23
Cuadro 6: Efecto de la aplicación de Nitrobacter y la reducción de la fertilización nitrogenada sobre la variable crecimiento en el cultivo de melón dorado, híbrido 6276.....	25
Cuadro 7: Valores medios de concentración de macro y micro nutrientes en la parte aérea, fruto y raíz a los 35 DDT en los distintos tratamientos aplicados en la producción de melón dorado híbrido 6276 en Pilas de Canjel.....	29
Cuadro 8: Absorción total de macro y micro nutrientes a los 35 DDT en melón dorado, híbrido 6276 en Pilas de Canjel.	31
Cuadro 9: Rendimiento para los distintos tratamientos expresado en kilogramos por hectárea (Kg/ha) y Toneladas por hectárea (Ton/ha).....	36
Cuadro 10: Costos asociados a la fertilización de una hectárea de melón dorado, híbrido 6276 en Pilas de Canjel.....	37

RESUMEN

La investigación se realizó en la Finca Agroexportaciones Canjel S.A., en Pilas de Canjel, Nadayure, donde se evaluó el efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de melón dorado, híbrido 6276, del producto Nitrobacter a base de bacterias fijadoras de nitrógeno, al ser incorporado dentro de un plan de fertilización nitrogenada. Se contó con tres tratamientos, de los cuales dos incluyeron el producto a evaluar a una misma dosis, con distintas dosis de nitrógeno con el fin de establecer un 55%, 85% y 100% de la fertilización nitrogenada. Se realizó en tres lotes de 3600 m² cada uno, que fueron debidamente divididos en seis parcelas cada una con un tratamiento distinto. Las evaluaciones se realizaron durante un ciclo de cultivo, que comprendió los meses de febrero a abril del 2016.

El análisis de varianza presentó diferencias significativas entre tratamientos para el peso seco de la parte aérea del cultivo y en el peso seco total. No se presentaron diferencias significativas para el número de hojas por planta, número de guías por planta y área foliar entre los tratamientos. Se determinó que el intervalo de días en el que se da el mayor crecimiento del fruto va de los 35 a 47 DDT, con incrementos de hasta un 100% de su peso. El contenido y valor nutricional del cultivo a los 35 DDT, no presenta diferencias significativas entre tratamientos, por lo que el producto muestra una influencia ni positiva en este aspecto. No se presentaron diferencias significativas para la variable rendimiento al ser comparada entre tratamientos. Por lo tanto, el tratamiento con una reducción del 45% de la fertilización nitrogenada y la incorporación del producto Nitrobacter se convierte en la mejor opción, al presentar el menor costo de fertilización con respecto a los demás tratamientos. El uso del Producto Nitrobacter, permite disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados, aumentando el rendimiento del cultivo y disminuyendo el costo de fertilización.

Palabras clave: Fertilización nitrogenada, Rendimiento, Calidad, bacterias fijadoras de nitrógeno, biofertilización, *Cucumis melo*, híbrido 6276.

ABSTRACT

This research was conducted at the Finca Agroexportaciones Canjel SA in Pilas de Canjel Nadayure. The process evaluated the effect on the development of the golden melon crop, 6276 hybrid; as part of the product Nitrobacter. This is based on nitrogen-fixing bacteria, incorporated into a plan of nitrogen fertilization. There were three treatments applied, two of them had the same dose of Nitrobacter, with different doses of nitrogen in order to establish a 55%, 85% and 100% of nitrogen fertilization. It was conducted in three batches of 3600 m² each, which were duly divided into six plots each with a different treatment. Evaluations were performed during one growing season, which included the months of February to April 2016.

The variance analysis shows significant differences between treatments for dry weight of the aerial part of the crop and also for the total dry weight. There were no significant differences for the number of leaves per plant, number of guides per plant and leaf area between treatments. It was determined that the number of days in which the highest growth of the fruit goes from 35 to 47 DDT, with increases up to 100% of its weight. The content and nutritional value of the crop at 35 DDT, does not present significant differences between treatments, showing that the product does have a positive or negative influence overall.

There were no significant differences for the performance's variable when compared between treatments. Therefore, treatment number three becomes the best option, introducing the fertilization at a lower cost compared to other treatments. The use of the product Nitrobacter, can reduce the use of nitrogen fertilizers, increasing the crop yield and reducing the cost of fertilization.

Keywords: Nitrogen fertilization, performance, quality, nitrogen-fixing bacteria, biofertilization, Cucumis melo, hybrid 6276.

1. INTRODUCCIÓN

De las cucurbitáceas el melón (*Cucumis melo*) es una de las frutas más producidas, exportadas y consumidas durante la época seca en Costa Rica. Las áreas de mayor producción en Costa Rica son el Pacífico Central y el Pacífico Norte, debido al establecimiento de cultivos durante todo el año para exportación y mercado nacional (Barrientos 2013 y Elizondo 2010).

Este cultivo se ha convertido en uno de los principales rubros de las exportaciones no tradicionales de Costa Rica, llegando a considerarse uno de los principales productos agrícolas de exportación en el país (Monge 2014), para el año 2014 ocupó un 3% de las exportaciones agrícolas dirigidas a los Estados Unidos y a la Unión Europea (PROCOMER 2014).

En el país la provincia de Guanacaste presenta el ambiente adecuado para el desarrollo del cultivo, debido a las condiciones agroecológicas propias para el establecimiento del mismo, siendo así que el cantón de Nandayure cuenta con aproximadamente 1.200 hectáreas sembradas durante cada temporada (Uriarte 2015).¹

Las productoras de semillas continuamente están ofreciendo nuevas variedades con algunas mejoras, como lo es mayor vida de anaquel y ciclos más cortos. Sin embargo, debido a la facilidad de manufactura y a la demanda que presenta el melón amarillo, lo convierten en una de las variedades más utilizadas (Elizondo 2010).

La empresa Agroexportaciones Canjel S.A. ubicada en Pilas de Canjel, Nandayure; Guanacaste, Costa Rica, siembra aproximadamente 100 hectáreas de

¹ Uriarte, L. 2015. Cultivo de Melón. Guanacaste, CR. Comunicación personal. Nandayure, Guanacaste.

melón dorado cada temporada. En la temporada 2014-2015 no se llegó a obtener los tamaños deseados, atribuyendo el problema a una posible deficiencia de nitrógeno en el plan de nutrición, en conjunto con el estrés calórico provocado por las altas temperaturas y la presencia de Crinivirus, transmitido por mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

La Biofertilización nitrogenada se ve como una alternativa que puede ayudar a disminuir el uso de fertilizantes sintéticos tradicionales, mediante el uso de bacterias capaces de fijar nitrógeno en suelos agrícolas, disminuyendo la posibilidad de contaminación de aguas subterráneas, ríos, lagos; que causan daños a la salud humana y animal (Hernández *et al.* 2005). Mediante esta técnica se puede satisfacer la necesidad del cultivo de este elemento, con el fin de obtener cultivos con un tamaño más adecuado.

Por esta razón, el fin de este trabajo es evaluar si existe una influencia del producto Nitrobacter sobre el rendimiento y calidad de Melón Dorado Híbrido 6276, al ser incorporado dentro del plan de fertilización nitrogenada. Con el objetivo de permitir al productor disminuir el uso de productos sintéticos en el suelo y a su vez aumentando el rendimiento del cultivo.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Determinar el efecto del producto Nitrobacter® en combinación con nitrógeno sintético en el crecimiento y rendimiento de melón Dorado (*Cucumis melo*), Híbrido 6276, en Pilas de Canjel, Nandayure.

2.2. Específicos

- Determinar el efecto del producto Nitrobacter® en combinación con diferentes dosis de nitrógeno sintético en el rendimiento de melón.
- Determinar el efecto de las diferentes combinaciones del producto Nitrobacter® con nitrógeno sintético sobre el número de cajas exportables de melón.
- Evaluar el efecto del producto Nitrobacter® en combinación con diferentes dosis de nitrógeno sintético sobre el desarrollo crecimiento del cultivo de melón.
- Medir el efecto de la aplicación del producto Nitrobacter® en combinación con diferentes dosis de nitrógeno sintético sobre el crecimiento de los frutos.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Cultivo de Melón (*Cucumis melo* L.).

El cultivo es originario de Asia occidental y África, su importancia se centra principalmente en el aprovechamiento de los frutos, los cuales poseen un sabor agradable y apetitoso, además de presentar pulpas de diferente color, sus frutos son por lo general redondos u ovalados de cáscara lisa o reticulada. Por lo general se cultiva en zonas donde las temperaturas superan los 25 °C (Brizuela 2003).

3.1.1. Botánica del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.).

Dentro de la familia de las cucurbitáceas se encuentra el cultivo de melón (*Cucumis melo*), una de las frutas más producidas, exportadas y consumidas durante la época seca en Costa Rica. Las áreas de mayor producción están en el Pacífico Central y el Pacífico Norte, debido al establecimiento para exportación y mercado nacional (Barrientos 2013 y Elizondo 2010).

El melón pertenece al grupo *Dicotiledónea*, Orden *Violales*, Clase *Magnoliopsida*, Subclase *Dileniidae*, Familia *Cucurbitaceae*, Género *Cucumis*, Especie *melo* (Baudracco-Armas y Pitrat 1996).

Este cultivo es una planta anual de tipo herbácea y de porte rastrero o trepador, con un sistema radicular abundante, ramificado y de rápido desarrollo; sus tallos están cubiertos de formaciones pilosas, con nudos donde se forman hojas, zarcillos y flores (Pinto 2011 y Casaca 2005).

Además Pinto (2011) indica que las hojas por lo general son vellosas de tamaño y forma variados y de bordes lisos, las flores son de color amarillo y pequeñas, llevándose a cabo primero la aparición de las flores masculinas, en agrupaciones de tres a cinco flores, mientras que las femeninas o hermafroditas aparecen solas en los extremos de los pedúnculos.

El fruto puede tener forma variable, corteza y pulpa de diferente color, la placenta puede ser seca, gelatinosa o acuosa en función de su consistencia, además esta debe ser pequeña para no disminuir la cantidad de pulpa del fruto, en donde se encuentra contenida las semillas (Casaca 2005).

Dentro de las condiciones agroclimáticas adecuadas para un buen desarrollo del cultivo (cuadro 1) se requieren temperaturas entre los 18°C y 30°C, humedad relativa de 75% como máximo. Esta cucurbitácea tiene la capacidad de cultivarse en diferentes tipos de suelos, pero los mejores resultados se obtienen en suelos francos, con buena fertilidad y buen drenaje, con pH entre 6 y 7, ya que este cultivo es sensible a suelos ácidos; sin embargo se ha logrado demostrar cierto grado de tolerancia a suelos salinos (Pinto 2011 y Casaca 2005).

Cuadro 1: Requerimientos climáticos del cultivo de melón.

Altitud (msnm)	Precipitación (mm/año)	Temp. Promedio Anual (°C)	Hum. Relativa (%)	Características del Suelo				
				pH	Profund. (cm)	Textura	Drenaje	M.O (%)
0-600	400-500	18-30	60-75	6-7	50	F-Fa	Bueno	2

Fuente: Baquero 2011. Pinto 2011. Casaca 2005.

Según Casaca (2005) la duración de la luminosidad en relación con la temperatura, influye en el crecimiento de la planta, en la inducción floral, fecundación de las flores y ritmo de absorción de elementos nutritivos. Por su parte Pinto (2011) menciona que las altas temperaturas y humedad relativa baja aumentan la calidad del fruto, lográndose más aroma y azúcares, además de provocar una disminución en la presencia de enfermedades.

Cuando el cultivo presenta un 10% de las plantas con flores masculinas, se instalan colmenas en la periferia, a razón de tres a cuatro colmenas por hectárea, para promover una buena polinización y prevenir la producción de frutos deformes (MIDA 2013; Elizondo 2010; Pinto 2011 y Casaca 2005).

3.1.2. Material Vegetal

Existen dos variedades de melón amarillo: el amarillo canario y el amarillo oro. El primero tiene un fruto de piel lisa de color amarillo en la madurez, pulpa blanca, crujiente con grados Brix entre los 12-18, la planta es menos vigorosa (Elizondo 2010). Por su parte Semillas Magna (2015) mencionan que el híbrido de melón oro presenta la formación de plantas vigorosas con frutos ovalados de cáscara de color amarillo lisa, con pulpa de color blanco suavemente anaranjada que mantiene su firmeza y conservación pos cosecha, además de presentar cierta tolerancia a aplicaciones de azufre y a algunos patógenos como *Fusarium* Raza 2. Elizondo (2010) menciona que el ciclo del cultivo tiene una duración entre los 60-75 días según las variedades y las condiciones climáticas de la zona, además de presentar una buena duración en anaquel.

3.1.3. Fertilización

Baquero (2011) indica que el crecimiento del cultivo está influenciado tanto por sus características genéticas (potencial de producción) y la acción del medio que los rodea, el cual dará la posibilidad de expresar ese potencial.

La fertilización en el cultivo de melón se da en función de las distintas fases de desarrollo y crecimiento de la producción, por lo cual algunos autores recomiendan la elaboración de un análisis químico del suelo antes de realizar aplicaciones de nutrientes, con el objetivo de conocer la disponibilidad de los nutrientes en él y llegar a determinar la dosis de cada elemento a aplicar (MIDA 2013, Pinto 2011, Salas 2006 y Casaca 2005).

Pinto (2011) menciona que el melón es una planta exigente de nitrógeno, fósforo y potasio. Por su parte Baquero (2011) indica que una cosecha de 20 toneladas de fruto pueden extraer hasta 2.25 kg/t de nitrógeno, 1.5 kg/t de fósforo y 3 kg/t de potasio.

El nitrógeno está involucrado en las principales reacciones bioquímicas de la vida vegetal, debido a que es un constituyente importante de aminoácidos,

proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, fosfolípidos y clorofila (EcuRed 2010, Baquero 2011); tiene la capacidad de aumentar el vigor de la planta, desarrollo de tallos y promueven la formación de frutos, mientras que una deficiencia provoca poco desarrollo de la planta, reducción de la floración disminuyendo el rendimiento del cultivo; por su parte un exceso de este elemento puede ocasionar el retraso de la maduración y formación de frutos. El potasio es indispensable en el metabolismo de carbohidratos y proteínas, control de la transpiración y contenido de agua en la célula, su deficiencia en la planta provoca reducción de los entrenudos y la producción de frutos más pequeños; en cuanto al fósforo este constituyente de ácidos nucleicos, fosfolípidos, vitaminas, es indispensable en los procesos de transformación de energía, su deficiencia ocasiona la reducción de las raíces y la disminución de la floración, mientras que los excesos de este elemento aceleran la maduración (Baquero 2011).

3.2. Biofertilización Nitrogenada.

La Biofertilización nitrogenada, ayuda a disminuir el uso de fertilizantes sintéticos tradicionales, por medio del aporte de bacterias fijadoras de nitrógeno en suelos agrícolas, logrando disminuir la contaminación de aguas subterráneas, ríos, lagos (Martínez *et al.* 2013, Hernández *et al.* 2005). Debido a esta contaminación se están llevando a cabo investigaciones sobre el uso de los microorganismos de suelo y su interacción con las plantas mediante técnicas moleculares, genómicas y la aplicación de la biotecnología, para obtener nuevas opciones de biocontrol y fertilizantes amigables con el medio ambiente (ArgenBio 2007).

El nitrógeno es fundamental para la vida de las plantas. A pesar de estar en gran porcentaje en la atmósfera como N₂, su disponibilidad es limitada ya que no es fácilmente asimilable por los organismos (ArgenBio 2007, Andreu *et al.* 2006). Para obtener una mayor disponibilidad de N₂ para las plantas, se implementan inoculaciones de suelos con bacterias fijadoras de nitrógeno. Sin embargo, aplicaciones de bacterias como *Azotobacter* y *Azospirillum* en suelos que contienen un alto contenido de nitrógeno sintético, genera que su eficiencia se vea reducida, esto debido a que el desarrollo de las poblaciones microbianas

autóctonas del suelo se ve estimulado por la mayor fertilización nitrogenada, entrando en competencia con las poblaciones inoculadas, por lo que se recomienda la inoculación con aplicaciones no mayores a 50% de la fertilización nitrogenada (Hernández *et al.* 2005).

La implementación o inoculación de bacterias con propiedades para fijar el N_2 en suelos agrícolas, tienen otros beneficios como lo es la producción de sustancias reguladoras del crecimiento, solubilización de nutrientes y producción de sideróforos (Martínez *et al.* 2013, Loredó *et al.* 2004).

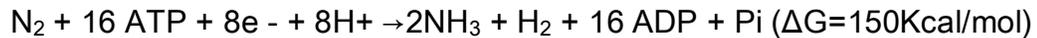
El proceso de mineralización es uno de los más importantes que afectan la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, en conjunto con la nitrificación del amonio, la descomposición de la materia orgánica es realizada principalmente por la actividad de las bacterias (Cabrera 2007). Drury *et al.* (2003) indican que se puede dar una disminución de la mineralización neta de Nitrógeno a medida que el contenido de agua del suelo se aproxima a la saturación, ocasionado por un decrecimiento en la disponibilidad de oxígeno.

3.3. Fijación Biológica del Nitrógeno

La fijación biológica de nitrógeno es la reducción enzimática de nitrógeno atmosférico (N_2) a amonio (NH_4), por medio de algunas bacterias llamadas diazotróficas (Fernández *et al.* 2002).

El proceso de reducción de N_2 a NH_4 está catalizado por el complejo enzimático nitrogenasa, que presenta dos proteínas distintas conocidas como dinitrogenasa (con hierro y molibdeno como cofactores) y dinitrogenasa reductasa (con Hierro como cofactor), llamadas metaloenzimas. Se debe tener en cuenta la humedad del suelo, la etapa fenológica del cultivo y la actividad fotosintética para evitar que se inhiba la actividad de las nitrogenasa (Ibarra 2010 y Loredó *et al.* 2004).

La ecuación general de fijación de nitrógeno, tiene un valor energético muy elevado. Por lo tanto, se debe de regular la síntesis y actividad del complejo de la nitrogenasa (Ibarra 2010), la cual es la siguiente:



3.4. Bacterias fijadoras de Nitrógeno

Las bacterias fijadoras de nitrógeno se desarrollan de forma natural en el suelo, se dividen en dos grandes grupos: las simbióticas, específicas de las leguminosas (*Rhizobium*), y las libres o asociativas (*Azotobacter*, *Azospirillum* y *Clostridium*), que viven en el suelo y no necesitan de la planta para su reproducción (Suarez 2015, Bio Eco Natural S.A. 2014, ArgenBio 2007 y Loredó *et al.* 2004).

Las principales bacterias empleadas como biofertilizantes en la agricultura son las de los géneros *Azotobacter*, *Rhizobium* y *Azospirillum*, donde los mecanismos de acción son variados, ya que estas realizan la fijación a través de la síntesis de diferentes fitohormonas, solubilización de minerales de fósforo, síntesis de compuestos de bajo peso molecular o enzimas que intervienen en el crecimiento (Hernández *et al.* 2005).

Para obtener una eficiente actividad de las bacterias se requiere de un suelo con humedad adecuada y de una fuente de carbono accesible, como material vegetal en descomposición (paja o subproductos de cosecha) por lo cual siempre están acompañadas por bacterias celulolíticas. Además necesitan de alcoholes, azúcares o ácidos orgánicos que son suministrados por otros microorganismos degradadores, además de ser estimuladas por los exudados que emite la planta cuando se encuentra bien nutrida (Bio Eco Natural S.A. 2014).

3.4.1. Biofertilizante

En la actualidad el uso de biofertilizantes es muy reducido, además de ser muy específicos para ciertos cultivos en donde se han realizado diferentes ensayos para validar su efecto.

Esta nueva herramienta viene a convertirse en una opción para los agricultores que no fertilizan o lo hacen en pequeñas cantidades, ya que se logra un ahorro de hasta el 90% del costo de producción, debido a la reducción de hasta un 50% en la utilización de fertilizantes químicos (Martínez *et al.* 2013, Suarez 2011).

Los biofertilizantes están constituidos principalmente por células vivas o latentes de cepas microbianas, eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosforo o potenciadoras de diversos nutrientes, se utilizan principalmente para inocular suelos o semillas, aumentando los nutrientes asimilados por la planta, así mismo acelera los procesos fisiológicos que benefician el rendimiento y desarrollo del cultivo (Suarez 2011).

Suarez (2011) menciona que dentro de los beneficios que se obtienen están, fijación de nitrógeno, solubilización de minerales, producción de estimuladores de crecimiento vegetal, biocontrol de patógenos y la absorción de agua y nutrientes; favoreciendo con ello la productividad de las plantas.

Dentro de los productos comerciales que podemos encontrar en la actualidad se pueden mencionar:

3.4.1.1. Nitrobacter

Nitrobacter es un producto concentrado y formulado a base de bacterias de vida libre, capaces de fijar nitrógeno atmosférico y de solubilizar de fósforo, con el consecuente efecto en un mejor desarrollo radicular, crecimiento foliar y por lo tanto una mayor productividad (Bio Eco Natural S.A. 2014).

La utilidad de estas bacterias se basa en la capacidad de convertir el nitrógeno atmosférico (N_2) en amonio (NH_4^+), por medio de la acción de la enzima nitrogenasa. La asociación planta-bacterias fijadoras de nitrógeno tienen un efecto directo en el crecimiento de la planta, ya que tienen la capacidad de formar vitaminas y sustancias estimuladoras del crecimiento, como lo son: ácido indolacético, ácido giberélico, ácido nicotínico, ácido pantoténico, citoquininas y vitaminas como la biotina, teniendo una influencia directa sobre el desarrollo vegetal. Además, se crea un efecto supresor de hongos y bacterias patógenas en la raíz de la planta (Bio Eco Natural S.A. 2014).

Por su parte *Clostridium* tiene la capacidad de solubilizar la urea en el suelo, y por medio de la reacción de la enzima se transforma en amonio y se fija a los complejos minerales del suelo donde luego es nitrificado por microorganismos, reduciendo el efecto de alcalinización que se produce al aplicar la urea al suelo (Bio Eco Natural S.A. 2014).

Dentro de los beneficios que se le asignan a la utilización de Nitrobacter Bio Eco Natural (2014), indica las siguientes:

- Fijación de nitrógeno atmosférico.
- Permite reducir el uso de fertilizante nitrogenado sintético.
- Sustituye hasta un 30% de nitrógeno como elemento.
- Acelera el crecimiento de las plantas y raíces.
- Favorece la asimilación de fosfatos y oligoelementos por planta.
- Mejora el vigor y salud de la planta.
- Incrementa la productividad del cultivo.
- Mejora la salud del suelo.

3.4.1.2. Azobac

Es una mezcla de *Azotobacter* y *Azospirillum*, donde la utilización de este producto se da principalmente en gramíneas como el césped, llevando a cabo ensayos con tratamientos donde se combina el producto azobac con diferentes porcentajes de nitrógeno, obteniendo los mejores resultados en los tratamientos

que presenta un 50% de nitrógeno elemental con 15 L/ha de Azobac, ya que los resultados son superiores a los tratamientos compuestos únicamente por la aplicación de nitrógeno recomendada para el cultivo de césped (Hernández *et al.* 2005).

Estos resultados indican que se puede obtener un desarrollo adecuado del cultivo con un ahorro de un 50% de la fertilización nitrogenada, sin embargo los tratamientos con Azobac resultan ineficientes cuando en el suelo se presenta una cantidad de nitrógeno elevada (Hernández *et al.* 2005).

3.5. Ciclo del Nitrógeno

Este ciclo es uno de los más complejos, ya que se puede encontrar el nitrógeno en diferentes formas, durante su ciclo se llevan diferentes procesos químicos en los que el nitrógeno es tomado del aire y es modificado para volver a ser devuelto a la atmosfera. Este elemento se encuentra en mayor abundancia y en forma libre en la atmosfera (78%), ubicándose entre los principales elementos biogeoquímicos; pero al ser tan estable, su combinación con otros elementos es mínima, dificultando que los organismos lo asimilen (Zumbado 2016). Debido a lo anterior, se debe de desdoblar para ser empleado en la síntesis de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN) y otras moléculas fundamentales para su metabolismo.

Por su parte López y Boronat (2016), indican que el ciclo de nitrógeno permite la presencia de nitratos y nitritos en forma natural en el ambiente, sin embargo la actividad humana provoca modificaciones en las concentraciones de dichos compuestos, llegando a convertirlos en peligrosos para la salud humana y animal. Por su parte Pacheco *et al* (2002) menciona que los nitratos en el suelo y en las aguas subterráneas se originan de la descomposición natural por microorganismos de materiales nitrogenados orgánicos como las proteínas de las plantas, animales, excretas de humanos y animales; donde las principales fuentes ambientales son la disposición de excretas, disposición de desechos municipales e industriales y el uso de fertilizantes nitrogenados.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en el distrito San Pablo, cantón Nandayure, provincia Guanacaste, Costa Rica; específicamente en la finca Agroexportaciones Canjel S.A., ubicada en la comunidad de Pilas de Canjel a $9^{\circ}58'06.00''$ N y $85^{\circ}12'57.29''$ O, a una altura de 67 msnm (Figura 1), donde se cultivan aproximadamente 100 hectáreas anuales de melón amarillo.



Figura 1: Vista aérea de la finca y lote (recuadro rojo) donde se realizó el ensayo de evaluación del efecto de Nitrobacter con diferentes dosis de nitrógeno sintético en el cultivo de melón dorado híbrido 6276, Pilas de Canjel, Nandayure, Guanacaste, 2016.

4.2. Período de Estudio

El período de la fase de campo de la investigación comprendió del 27 de febrero al 26 de abril 2016. Por su parte, el análisis de las muestras de biomasa y análisis foliar se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Agronómicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos.

4.3. Descripción del Material Experimental

El material vegetal utilizado durante el estudio fue melón Dorado (*Cucumis melo*) híbrido 6276, el cual fue aportado por la empresa Agroexportaciones Canjel S.A. Este híbrido se desarrolla en campo en 59 días posterior al trasplante (DDT), luego de seis días en almácigo, para un ciclo total de 65 días; este melón presenta un aumento de los grados Brix, y un menor tiempo a cosecha, al ser comparado con variedades de melón amarillo como el Dorado y Natal, siendo los que más se cultivan en la zona de Guanacaste.

Se empleó el producto Nitrobacter de la empresa Bio Eco Natural S.A., formulado con bacterias no simbióticas fijadoras de nitrógeno ambiental (mezcla de los géneros *Azotobacter sp.*, *Clostridium sp.*, *Azospirillum sp.* y *Bacillus sp.*) (Figura 2). La dosis utilizada del producto fue de dos litros por hectárea, de acuerdo con la recomendación del fabricante.

Para la fertilización nitrogenada se utilizaron las fuentes nitrato de amonio, nitrato de calcio, nitrato de potasio y urea, las cuales contienen 33,5%, 15,5%, 13% y 46% de nitrógeno, respectivamente.



Figura 2: Muestra comercial del producto utilizado en la evaluación del efecto de Nitrobacter en combinación con diferentes dosis de Nitrógeno sintético en el cultivo de melón dorado híbrido 6276, Pilas de Canjel, Nandayure, Guanacaste, 2016.

4.4. Diseño Experimental y de Muestreo

Se utilizó un diseño completamente aleatorio (DCA), en el que cada uno de los tres tratamientos se aplicó a 333,3 metros lineales lo que representó 600 m², donde se aplicaron distintos tratamientos. Cada parcela fue identificada y delimitada mediante rótulos pequeños colocados por fuera del cultivo (Cuadro 2).

La recolección de las muestras se realizó al azar. En cada una de las seis repeticiones se ubicó los distintos tratamientos y para la toma de muestras se seleccionaron 10 metros lineales para las evaluaciones directas en el campo. Para el muestreo de biomasa se tomó plantas a los 35 DDT en los puntos 40, 90, 135 y 210 metros lineales a lo largo de cada repetición para formar la muestra compuesta necesaria para el análisis químico, de materia fresca (MF), materia seca (MS) e índice de área foliar.

Por su parte, el análisis de los datos se llevó a cabo usando el programa estadístico Minitab 17.

Cuadro 2: Croquis del área experimental y distribución de las unidades experimentales en el ensayo de validación del efecto del producto Nitrobacter en el cultivo de melón dorado híbrido 6276.

Repeticiones	T3 R1	T1 R1	T1 R2
	T2 R6	T2 R3	T3 R3
	T1 R6	T3 R2	T2 R5
	T2 R4	T1 R4	T2 R1
	T3 R6	T3 R5	T1 R3
	T1 R5	T2 R2	T3 R4

4.5. Descripción de Tratamientos

Se realizaron dos tratamientos con la dosis establecida del producto Nitrobacter, para evaluar su efecto en la producción de melón y un tratamiento con

el 100% de la fertilización nitrogenada que utiliza la finca, siendo este nuestro testigo.

El tratamiento testigo, sólo utilizó la fertilización nitrogenada, sin aplicación de Nitrobacter, mientras que los dos tratamientos constaron de una misma dosis de Nitrobacter (2 L/Ha), con diferentes porcentajes de nitrógeno, calculado con base en el plan convencional de la empresa Agroexportaciones Canjel S.A. (Cuadro 3).

Los porcentajes de fertilización nitrogenada se calcularon de acuerdo al aporte de nitrógeno elemental por parte de las diferentes fuentes utilizadas en la empresa, con el objetivo de compararlos una vez obtenidos los datos finales, con la dosis empleada y así poder medir el efecto tanto positivo o negativo del producto Nitrobacter, cuando se disminuyó la fertilización nitrogenada en el lote.

Cuadro 3: Descripción de los tratamientos utilizados en la investigación en Melón Dorado Híbrido 6276 en la Empresa Agroexportaciones Canjel S.A.

Número	Tratamientos
1	100 kg de N/ha (Testigo)
2	85 kg de N/ha + 2 L/ha de Nitrobacter®
3	55 kg de N/ha + 2 L/ha de Nitrobacter®

Los tratamientos se prepararon por parte del personal encargado de la fertilización de la finca (Figura 3).



Figura 3: Elaboración de las mezclas para la aplicación de los tratamientos.

4.6. Establecimiento y Desarrollo del ensayo

Una vez que se estableció el cultivo se realizó la aplicación correspondiente a cada tratamiento en sus respectivas repeticiones, vía sistema de riego localizado, mediante la técnica de fertirriego (figura 4). El Nitrobacter se aplicó en tres momentos a los tratamientos 2 y 3, las que se realizaron a los 4, 14, 24 DDT a una dosis de 1, 0,5 y 0,5 litros por hectárea, para cada fecha.



Figura 4: Momento y forma de aplicación de la fertilización al cultivo de Melón dorado híbrido 6276.

4.7. Variables Evaluadas

Se consideró tres tipos de variables para evaluar el efecto del producto Nitrobacter en la producción de melón dorado, híbrido 6276: de rendimiento, de crecimiento y de costos de producción.

4.7.1. Rendimiento

4.7.1.1. Número de Frutos a Cosecha

A los 56 DDT se realizó el conteo total de frutos por unidad experimental, esta es una variable que se utiliza rutinariamente para estimar el rendimiento.

Para esto se tomó 10 metros lineales en cada repetición donde se contó las frutas totales, con el fin de estimar el número promedio de frutos por metro lineal, parámetro utilizado en las estimaciones de rendimiento.

4.7.1.2. Peso del Fruto

A los 56 DDT se midió el peso total de frutos en cada tratamiento a lo largo de 10 metros lineales, con una romana portátil con precisión de 0.01 g, para estimar el número de frutos totales por calibre (Figura 5).



Figura 5: Pesaje de frutos previo a la cosecha en el cultivo de Melón dorado híbrido 6276.

4.7.1.3. Cantidad de Cajas por Hectárea

Tomando como base la escala incluida en el cuadro 4 se estimó el número de frutos en cada calibre. Los datos se obtuvieron de 10 metros lineales ubicados aleatoriamente en cada repetición.

Cuadro 4: Escala de Calibres de fruto de Melón Dorado.

Calibre	3	4	5	6	7	8	9
Peso (kg)	3.5–3.2	3.2-2.4	2.4-1.9	1.9-1.6	1.6-1.4	1.4-1.2	1.2-1

Tomado de Agroexportaciones Canjel S.A. 2015, Grupo Cooperativo CAJAMAR 2014.

*La tabla de melón está normalizada a número de frutos por caja de 10 Kg y el rango de peso que deben de tener dichos frutos para clasificarlos dentro de un determinado calibre.

Considerando que la parcela útil fue de 333,3 metros lineales se realizó la estimación del número de cajas por hectárea de cada calibre obtenido. La variable evaluada fue el total estimado de cajas por hectárea en cada tratamiento.

4.7.1.4. Porcentaje de Rechazo

Con el número de frutos de todos los calibres y el número de frutos totales por unidad experimental se realizó una estimación del porcentaje de rechazo.

4.7.1.5. Concentración de Sólidos Solubles Totales (Grados Brix)

Al momento de la cosecha se seleccionaron 10 frutas de cada unidad experimental, a las que se midió concentración de azúcares por medio de un refractómetro (Figura 6).



Figura 6: A) Refractómetro utilizado para medir la concentración de sólidos solubles totales (Grados Brix) al momento de cosecha. B) Parte del fruto utilizado para medir los grados Brix al momento de la cosecha.

4.7.2. Crecimiento

4.7.2.1. Biomasa

A los 35 DDT se realizó un muestreo en el que se tomó cuatro plantas enteras (flores, hojas, tallos, raíz) de cada unidad experimental. Las plantas seleccionadas se tomaron a 40, 90, 135 y 210 metros desde el inicio de cada

cama, para conformar la muestra compuesta a la cual se le tomó el peso fresco y peso seco (Figura 7).



Figura 7: Muestra de plantas enteras para la estimación de absorción de nutrientes en melón dorado, híbrido 6276. A) muestra fresca picada y homogenizada. B) Muestras secas pulverizadas para ser empleadas en el análisis químico.

4.7.2.2. Concentración de Nutrientes

Una vez obtenido la determinación de materia seca, se procedió a realizar una medición de la concentración de nutrientes (minerales) presentes en la planta (Figura 7). Esto por medio de un análisis de contenido mineral de acuerdo al procedimiento de nitrógeno de Dumas con el equipo de laboratorio “Nitrogen Analyzer Rapid N Cube”; Ca, Mg, k en foliares por combustión seca y determinación por absorción atómica, determinación de P por espectrofotometría visible, del laboratorio de Análisis Agronómicos de la Escuela de Agronomía del ITCR-SSC.

4.7.2.3. Absorción de Nutrientes

Para la estimación de la absorción de nutrientes se tomó en cuenta la concentración de cada elemento y la materia seca correspondiente a cada muestra, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Absorción (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{Concentración elemento} * \text{Peso Muestra}}{100} * 0,51$$

100

4.7.2.4. Número de Hojas

Al momento de la cosecha se tomaron 10 plantas por unidad experimental completamente al azar y se contabilizó el total de hojas que poseía cada planta analizada (Figura 9).

4.7.2.5. Medición del Área Foliar

Para determinar el área foliar, se utilizó un marco de 3 cm x 3 cm, que permitió cortar una sección de la hoja con dichas dimensiones, la cual se pesó en una balanza analítica al igual que el de la hoja. Una vez conocido el peso del segmento de hoja de área conocida y el peso del restante de la hoja, se procedió a realizar la relación del peso de área conocida (3 cm x 3 cm) con el peso total de las hojas (área conocida) (Figura 8). Este procedimiento se realizó en 30 hojas en cada una de las seis muestras analizadas por tratamiento (Gadea 2016).²



Figura 8: Procedimiento utilizado para determinar el área foliar en el cultivo de melón dorado híbrido 6276. Gadea 2016.

² Gadea, A. 2016. Medición de área foliar en el cultivo de melón. Comunicación Personal. San Carlos, Alajuela, CR.

4.7.2.6. Número de Guías por Planta

Al momento de la cosecha se tomaron 10 plantas por tratamiento completamente al azar y se contabilizó el número de guías que poseía cada planta analizada (Figura 9).

4.7.2.7. Longitud Promedio de Guías por Planta

Al momento de la cosecha se tomaron 10 plantas por tratamiento completamente al azar y se midió el largo de cada una de las guías que poseía cada planta analizada (Figura 9).



Figura 9: Planta Seleccionada para el conteo de hojas totales, número y longitud de las guías al momento de cosecha.

4.7.2.8. Variación del Desarrollo del Fruto

A Partir del día 35 DDT se procedió a seleccionar 10 frutos por cada repetición, los cuales se pesaron en intervalos de tres días hasta el momento de cosecha, para conocer la variación del peso en la fruta. Cabe mencionar que a cada fruto seleccionado se le colocó una cinta roja numerada, con el objetivo de utilizar los mismos frutos durante el período de pesaje; además se colocó una estaca al lado de cada fruta para facilitar su localización en el campo (Figura 10).



Figura 10: Frutos seleccionados para estimación de crecimiento de frutos desde 35 DDT a cosecha. A) identificación de frutas. B) Muestra de pesaje de las frutas seleccionadas.

4.7.3. Costos de Producción

Para la estimación de los costos de producción se utilizó únicamente los costos variables asociados a la fertilización y al uso de Nitrobacter en cada uno de los tratamientos. La empresa Agroexportaciones Canjel S.A. registró el costo total de las aplicaciones de fertilizantes para cada tratamiento (cuadro 5).

Cuadro 5: Costo total de aplicaciones de fertilizantes vía sistema de riego para cada uno de los tratamientos empleados en la investigación.

Tratamiento	Costo Fert./ha (\$)	Costo Nitrobacter (\$)	Total/ha (\$)	Total/ha (¢)
1. Testigo	\$ 713,98	\$ 0	\$ 713,98	¢ 389.833,08
2. 85%N+2l/ha	\$ 699,54	\$ 45,46	\$ 745,00	¢ 406.770,00
3. 55%N+2l/ha	\$ 666,33	\$ 45,46	\$ 711,79	¢ 388.637,34

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación se desarrolló durante la época más crítica de la temporada de Melón, esto debido a las altas temperaturas (superiores a los 35 °C), mayor incidencia de plagas, principalmente Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*) transmisora del Crinivirus. Sin embargo, se siembra en este período debido a la baja probabilidad de presentarse lluvias. Es por ello que se tapa las plántulas con agribón desde los 5 hasta los 24 DDT (Figura 11), para permitir que estas se desarrollarán con vigor, sin problemas de plagas antes de los 35 DDT, con el fin de favorecer el proceso de cuaje y el desarrollo de los frutos. La cosecha se llevó a cabo a los 59 DDT, se transportó a la planta por medio de carretas debidamente preparadas para el acarreo.



Figura 11: Cultivo de Melón con Agribón a partir de los 5 días después de trasplante (DDT).

5.1. Crecimiento

Las variables evaluadas como indicadores de crecimiento fueron peso fresco y peso seco total, área foliar, número de guías, longitud promedio de las guías, número de hojas, absorción de nutrientes y peso de fruto.

En el caso de las variables número de guías, longitud promedio de las guías, número de hojas por planta y área foliar (Cuadro 6), se puede decir con 5% de probabilidad de error, que no se presentaron diferencias significativas entre

tratamientos (Anexo A), lo cual indica que los tratamientos con Nitrobacter presentan un efecto positivo en el desarrollo del cultivo, al ser incorporado dentro del plan nutricional con reducciones del 15% y 45% de nitrógeno sintético, pues estas variables no se vieron afectadas en los tratamientos con Nitrobacter con respecto al tratamiento testigo.

Lo anterior se puede deber a una mayor fijación no simbiótica de nitrógeno atmosférico, lográndose un mayor aporte de nitrógeno a la planta, además disminuye la utilización de productos químicos nitrogenados, limitando el crecimiento de plagas que necesiten de fuentes nitrogenadas para su nutrición (Zumbado 2016), Hernández *et al.* (2014) menciona que estas bacterias liberan metabolitos en la rizósfera, Martínez *et al.* (2013) indica que el crecimiento vegetal se ve favorecido por la disminución del estrés gracias a la acción de los microorganismos presentes en el suelo.

Cuadro 6: Efecto de la aplicación de Nitrobacter y la reducción de la fertilización nitrogenada sobre la variable crecimiento en el cultivo de melón dorado, híbrido 6276.

Tratamiento	Número de hojas/planta	Número de guías/planta	Longitud promedio de las guías (cm)	Índice de área foliar
1	139 a	4,67 a	253 a	2 a
2	126 a	4,50 a	253 a	2,35 a
3	121 a	4,33 a	225 a	1,86 a

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes con un ($p>0,05$).

Así mismo, se pudo observar visualmente en campo que las hojas del tratamiento tres (55% fertilización nitrogenada + Nitrobacter) presentaron un menor tamaño con peciolo más largos. Sin embargo, esta disminución del tamaño no fue significativa entre los tratamientos en cuanto al área foliar, lo cual se ve reflejado al no presentarse frutas con daños por sol.

Hernández *et al.* (2005) reportaron que las bacterias fijadoras no simbióticas, en condiciones de alta concentración de nitrógeno en el suelo,

reprimen la fijación del mismo desde la atmósfera. Por otra parte, el N aplicado en la fertilización estimula el desarrollo y crecimiento de distintas poblaciones autóctonas de bacterias, generando competencia con las poblaciones inoculadas. Es probable entonces, que los tratamientos con Nitrobacter se vuelvan más efectivos cuando existe en el sistema productivo una menor cantidad de nitrógeno aplicado en la fertilización, como ocurrió en los tratamientos dos y tres.

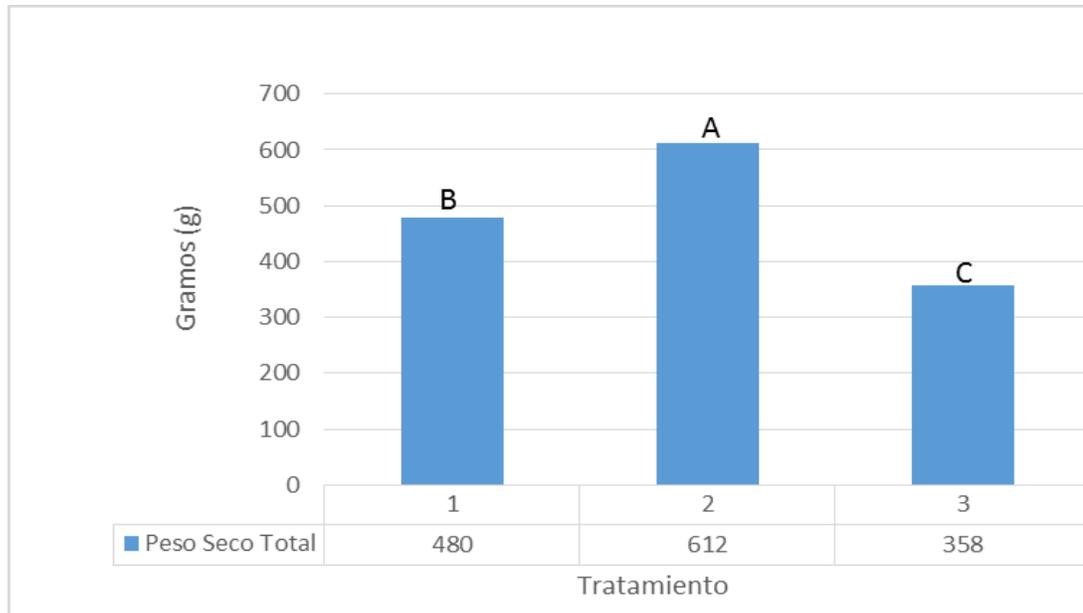
De acuerdo con el análisis de varianza, la variable peso seco de la parte aérea presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos, siendo el tratamiento con una reducción del 15% de la fertilización nitrogenada y la incorporación del producto Nitrobacter el que presenta el mayor aumento de biomasa, para las estructuras de raíz y fruto no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Por su parte, igualmente hubo diferencias en el peso seco total (raíz, follaje, fruto) entre tratamientos, siendo el tratamiento con una reducción del 15% de nitrógeno que el presenta el mayor peso de materia seca (Anexo A).

En la Figura 12 se presentan los resultados de peso seco total obtenido para cada tratamiento, en donde, el tratamiento dos (85% fertilización nitrogenada + Nitrobacter), presentó un mayor incremento en la producción de peso seco total al compararse con los demás. En esta variable se refleja el efecto de la inoculación de las bacterias, similar a lo encontrado por Zumbado (2016).

Rodríguez *et al.* (2013) y Zumbado (2016), indican que cultivos inoculados con este tipo de bacterias presentan un mayor aumento en la producción de Biomasa. Por su parte Vivanco (2011) menciona que esto se debe a la producción de más factores de crecimiento vegetal al liberarse la bacteria de su función fijadora de nitrógeno.

Por su parte, especies del género *Bacillus* pueden incurrir en el crecimiento vegetal de forma directa, debido a su capacidad de fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de minerales como el fósforo y la producción de hormonas reguladoras de crecimiento (Tejera *et al.* 2011). Además, Loredó *et al.* (2004),

menciona que microorganismos como *Clostridium sp.* y *Azotobacter sp.*, pueden presentar un efecto estimulante en el desarrollo de biomasa de la planta, gracias a los metabolitos que producen.



*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes con un ($p > 0,05$).

Figura 12: Efecto de la aplicación de Nitrobacter y la reducción de la fertilización nitrogenada sobre el peso seco total de plantas de melón dorado, híbrido 6276 en Agro exportaciones Canjel S.A., ciclo 2016.

En la Figura 13, se muestra el comportamiento que se obtuvo para el peso promedio en la variación del desarrollo del fruto, se puede observar que la mayor variación del peso se da entre el día 35 y 47 después de trasplantado, siendo este incremento mayor a un 100% de su peso inicial. Así mismo, posterior a los 47 DDT la ganancia de peso promedio del fruto es igual o menor a los 150 gramos cada tres días. Esta disminución en la variación del peso se atribuye a que la fruta inicia la etapa de maduración, provocando cambios en las características morfológicas de los frutos y la disminución de la demanda hídrica (Camacho 2009).

El cuaje de los frutos se inició alrededor de los 32 DDT, siendo este el inicio del desarrollo del fruto. Es indispensable conocer el inicio de cuaje y el intervalo de

días en el que se da la mayor variación del peso en el fruto, puesto que conociendo este intervalo, nos permitirá realizar ajustes al plan nutricional para cumplir con los objetivos de producción.

Según Rodríguez *et al.* (2013) es posible encontrar rendimientos más altos basados en altas dosis de fertilización, sin embargo la biofertilización con bacterias se convierte en una alternativa para disminuir el uso de químicos, la lixiviación de fertilizantes y la contaminación ambiental.

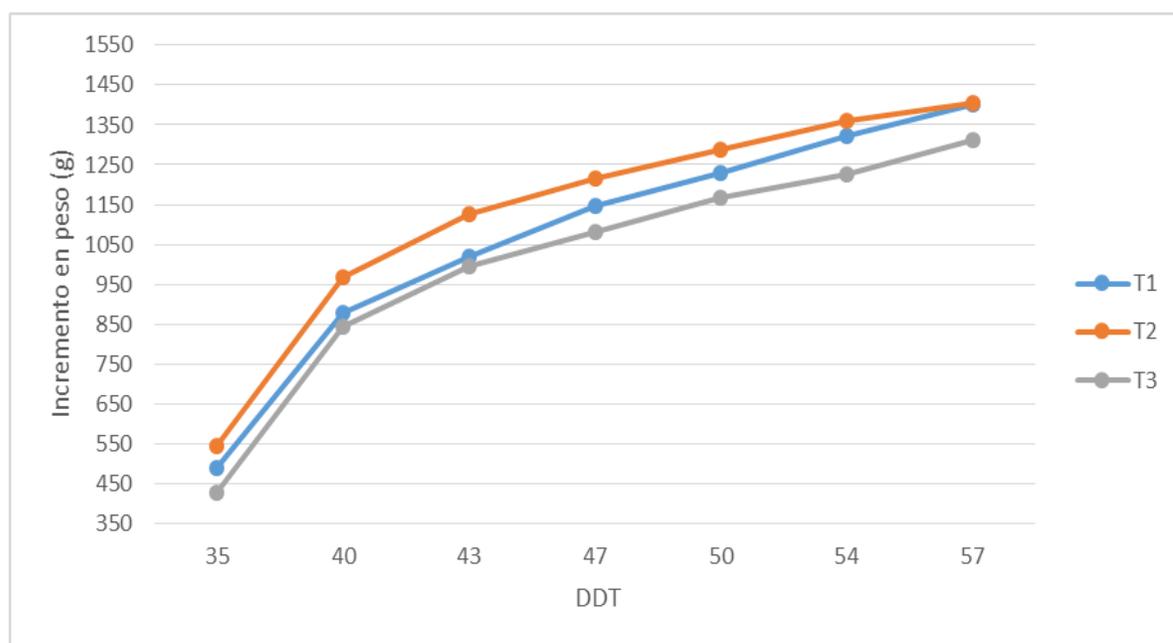


Figura 13: Efecto de la aplicación de Nitrobacter y de la reducción de la fertilización nitrogenada sobre el incremento de peso de los frutos de melón dorado, Híbrido 6276, de los 35 a 57 DDT, Agroexportaciones Canjel S.A., ciclo 2016.

5.2. Concentración de Nutrientes

El análisis de concentración de macro y micro nutrientes contenidos en el cultivo de melón dorado, híbrido 6276 a los 35 DDT, proyectó resultados similares de cada elemento en los diferentes tratamientos (Cuadro 7). Camacho (2009) indica que el porcentaje de concentración de macro nutrientes en hojas de melón tipo Cantaloupe a los 35 DDT bajo invernadero es de 4,57, 0,45, 2,99, 7,35, 1,60 para los elementos N, P, K, Ca y Mg respectivamente, por lo tanto, para la

concentración de nutrientes de la parte aérea el N, Ca y Mg se encuentran levemente por debajo del parámetro en los diferentes tratamientos empleados, caso contrario sucede con el K, elemento que se observa mayor en los tres tratamientos, por su parte el P se encuentra dentro de los niveles encontrados por este autor en las diferentes partes de la planta analizadas.

En el Cuadro 6, se puede observar una mayor concentración de nitrógeno en el fruto, levemente superior a la concentración presente en la parte aérea al momento del análisis (35 DDT). Sin embargo, Rincón *et al.* (1998) y Mendoza *et al.* (2014) mencionan que la mayor concentración de nitrógeno a los 35 DDT se encuentra en las hojas y tallos de la planta. No obstante, disminuye cuando se da el cuaje de los frutos, el cual tiende a mantenerse constante hasta el momento de cosecha, por lo que se le puede atribuir a este factor que la mayor concentración de nitrógeno a los 35 DDT se presente en el fruto, ya que al iniciarse el proceso de guaje, se trasladan más nutrientes hacia esta estructura.

Por su parte, el análisis de varianza de la concentración de nutrientes no presenta diferencias significativas entre tratamientos para el elemento N en las diferentes estructuras analizadas ($p > 0,05$) (Anexo B).

Cuadro 7: Valores medios de concentración de macro y micro nutrientes en la parte aérea, fruto y raíz a los 35 DDT en los distintos tratamientos aplicados en la producción de melón dorado híbrido 6276 en Pilas de Canjel.

	Tratamiento	%					mg/L			
		N	K	Ca	Mg	P	Cu	Mn	Fe	Zn
Parte Aérea	1	3,8	5,5	4,9	0,7	0,4	17,3	213,0	1930,7	74,5
	2	3,8	5,8	4,4	0,7	0,4	16,8	169,0	1639,8	67,7
	3	3,8	5,1	4,8	0,8	0,4	16,7	178,5	1499,7	72,0
Fruto	1	4,3	5,5	0,6	0,4	0,8	20,2	42,2	172,8	57,7
	2	4,1	5,5	0,7	0,4	0,8	18,2	40,5	263,0	59,7
	3	3,8	5,0	0,6	0,4	0,8	18,0	37,8	195,8	53,7
Raíz	1	1,6	3,7	0,7	0,3	0,2	17,0	73,0	2628,0	33,0
	2	1,9	3,9	0,7	0,3	0,2	18,0	66,0	2108,0	39,0
	3	1,5	2,5	0,6	0,3	0,2	19,0	129,0	5250,0	43,0

El producto Nitrobacter mostró efecto sobre la concentración de nutrientes a nivel foliar cuando se combinó con dosis menores de nitrógeno sintético como se observa en los tratamientos con reducciones de 15% y 45% de nitrógeno sintético, los cuales no presentaron diferencias significativas para el elemento N con respecto al testigo en las diferentes estructuras analizadas. Esto puede deberse a que el complejo de bacterias contenido en el producto Nitrobacter puede provocar un crecimiento del número de raíces laterales y pelos radicales, estimulando el aumento de la superficie disponible para la absorción de nutrientes y flujo de protones en la membrana de la raíz, induciendo a una mayor captación de agua y minerales (Paredes 2013). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Zumbado (2016) quien también no encontró diferencias en la concentración de N en pastos cuando usó Nitrobacter y redujo la fertilización nitrogenada.

La composición cuantitativa y cualitativa de los microorganismos en la rizósfera varía entre especies, debido a la calidad y cantidad de exudados de las raíces. Por medio de la inoculación con bacterias promotoras de crecimiento se promueve el desarrollo de estas; sin embargo, esto va a depender de la etapa de crecimiento en la que se lleve a cabo y de la relación bacteria-raíz, donde, la disponibilidad de fuentes de carbono va a depender del crecimiento y desarrollo de las mismas (Zumbado 2016).

5.3. Absorción de Nutrientes

Se puede observar que el tratamiento dos presentó valores superiores al tratamiento uno y tres (Cuadro 8). En el análisis de varianza de cada elemento se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos para los elementos P y Fe, para los elementos N, Ca, Mg y Zn se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos dos y tres, pero estos no con el tratamiento uno (testigo). Además, se observaron diferencias entre el tratamiento dos con los tratamientos uno y tres para el K (Anexo C).

Cuadro 8: Absorción total de macro y micro nutrientes a los 35 DDT en melón dorado, híbrido 6276 en Pilas de Canjel.

Tratamiento	kg/ha					g/ha			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
1	50,4 ab	6,1 a	71,2 b	49,5 ab	8,2 ab	231,9 a	19402 a	2228,7 a	906,8 ab
2	60,3 a	7,5 a	89 a	53,9 a	9,7 a	265,5 ab	20013,3 a	2124,8 ab	1020,8 a
3	42,6 b	5,9 a	57,3 b	39,4 b	7,4 b	193,8 b	12791,5 a	1539,1 b	747,3 b

* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

A pesar de la diferencia de respuesta en absorción en los tratamientos, se pudo evidenciar que en todos los casos se mantuvo el mismo orden decreciente en absorción de nutrimentos: $K > N > Ca > P = Mg$.

La cantidad total de nitrógeno absorbido a los 35 DDT en los diferentes tratamientos se encuentra por debajo de los reportado por Rincón *et al.* (1998), quien indica que a esta misma edad se obtuvo una absorción de 120 kg/ha. Sin embargo, esta cantidad de nitrógeno absorbido va a depender de la fertilidad del suelo y de la cantidad de fertilizante químico que se le suministre al cultivo.

En el cuadro 8, se puede observar que el fósforo fue el elemento que menos se absorbe a los 35 DDT en cuanto a los macro nutrientes con 6,1, 7,5 y 5,9 kg/ha para los tratamientos uno, dos y tres respectivamente, lo cual concuerda con lo descrito por Rincón *et al.* (1998), quien indica en su investigación que este elemento es el que menor se absorbe durante el ciclo de cultivo con 3,4 g/m², sin embargo su mayor absorción se presenta en el intervalo de tiempo en que se da el mayor crecimiento del fruto. Por su parte el potasio, presentó diferencia significativa del tratamiento dos sobre el uno y tres, este fue el macro nutriente que alcanzó mayor absorción a los 35 DDT por parte del cultivo con 71,2, 89 y 57,3 kg/ha para los tratamientos uno, dos y tres respectivamente; caso similar sucedió en los resultados obtenidos por Rincón *et al.* (1998) quien obtuvo una absorción mayor del elemento K respecto a los demás. Este autor indica que se obtuvo 41.3 g/m² de potasio en el ciclo de cultivo, presentándose su mayor absorción en el periodo de engorde de los frutos.

Se debe de considerar la absorción de los diferentes nutrientes, y no únicamente el nitrógeno, con el objetivo de ejecutar un plan nutricional que facilite la incorporación de las cantidades de los elementos que se extraen del suelo a lo largo del ciclo. Cabe mencionar que para efectos de esta investigación no se evaluó la extracción de nutrientes que sufre el suelo.

Al llevarse a cabo la investigación durante los meses de febrero a abril, siendo estos parte de la estación seca, con altas temperaturas, favoreció a que no se dieran grandes pérdidas de nitratos por lixiviación por lo cual se obtienen altas concentraciones de nitrógeno a los 35 DDT.

El producto Nitrobacter dentro de su complejo de bacterias, contiene al género *Azospirillum sp.* Las que son bacterias endofíticas (pueden vivir dentro de los tejidos de las plantas sin ocasionar daños) provocando un incremento en la cantidad de raíces laterales de la planta, lo cual se correlaciona con la presencia de altos niveles de ácido indolacético (AIA) en cultivos (Cassán *et al.* 2008). Rodríguez *et al.* (2013), quien reporta aumento en la concentración de auxinas durante su investigación, principalmente AIA el cual aumento hasta un 108% con respecto al tratamiento testigo. Por su parte Paredes (2013), menciona que estos son producidos en bajas concentraciones, pero tanto en el interior de la planta como en el exterior de la raíz, pudiendo suplir una dosis hormonal que resulta suplementaria y beneficiosa para el crecimiento vegetal y mejorando la aplicación exógena de formas sintéticas. En el estudio que nos compete nos se hicieron análisis de niveles de AIA, por lo que no se puede asegurar si hubo o no incremento del mismo, producto de la aplicación de Nitrobacter.

5.4. Rendimiento

No se encontró diferencias significativas entre tratamientos para la variable número de frutas por metro lineal, aunque el tratamiento dos produjo 3,41 frutas en comparación con el testigo que presento 3,01 frutas por metro lineal y el tratamiento tres 2,75 frutas (Anexo D). Los resultados obtenidos en el tratamiento uno y dos se encuentran dentro de los parámetros de producción aceptables para

la empresa Agroexportaciones Canjel, ya que por lo general se obtienen conteos entre 3 y 4,5 frutas por metro lineal, no alcanzándose esta producción con el tratamiento tres, el cual presentó un promedio de 2,75 frutas por metro lineal.

El peso de los frutos es un factor importante que influye directamente en el rendimiento de kilogramos por hectárea, sin embargo, el tamaño del fruto está ligado por estándares de calidad que exige el mercado (Sosa 2014). Una vez obtenido el peso de los frutos, estos se ubicaron en el calibre correspondiente según la tabla de normalización (Cuadro 4), dando como resultado el análisis de varianza que no existió diferencias significativas entre tratamientos para los diferentes calibres (Anexo D). Por lo tanto, se plantea que no hubo efecto negativo de la reducción de nitrógeno en el programa de nutrición y la incorporación del producto Nitrobacter (tratamiento 2 y 3) con respecto a la fertilización usual en la finca (testigo).

Sosa (2014), indica que el parámetro de grados Brix para melones de primera calidad es por encima de los 10 grados y para melones de segunda calidad de 9 grados como mínimo. Por su parte, el Grupo Trisan (2016) indica que el híbrido 6276 puede presentar de 13-14 grados Brix a cosecha. Sin embargo, el promedio de grados Brix obtenidos durante la investigación fue de 10,01, 10, 9,87 para el tratamiento uno, dos y tres respectivamente. Sin presentarse diferencias significativas en el análisis de varianza para esta variable ($p>0,05$).

Los grados Brix obtenidos son inferiores a los establecidos para el híbrido 6276, sin embargo se encuentran dentro del rango óptimo para exportación. Algunos factores que dificultan la formación de azúcares en la fruta, es la reducción del área foliar, incidencia de enfermedades, exceso de humedad, días nublados y déficit hídrico (Sosa 2014).

Considerando los factores anteriores, se puede atribuir la disminución de los grados brix a la alta incidencia de Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo, siendo el principal trasmisor de Crinivirus.

El Crinivirus produce un amarillamiento entre las nervaduras de las hojas, disminuyendo la capacidad fotosintética de la planta, volviendo frágil la hoja, reduciendo el vigor de la planta, disminución de los rendimientos y senescencia temprana de la planta; este permanece confinado a las células asociadas con el floema de la planta huésped, dificultando el transporte vascular de la planta (Sagastume 2013) (Figura 14). La sintomatología que se observa a nivel de campo se puede confundir fácilmente con trastornos nutricionales o fisiológicos.



Figura 14: Hoja de melón con sintomatología de Crinivirus.

Para la obtención del porcentaje de rechazo, se contabilizaron todas las frutas presentes en cada tratamiento y a su vez se organizaron en los diferentes calibres, según su peso de acuerdo con la tabla de normalización (Cuadro 4). No se contabilizaron los frutos con problemas de color, muy pequeños, ni con daño de plagas o enfermedades al momento de la toma de datos.

Los resultados obtenidos para el porcentaje de rechazo durante la investigación fueron de 28, 23, 33 por ciento para el tratamiento uno, dos y tres respectivamente. Se puede apreciar que el tratamiento dos presentó un menor porcentaje de rechazo, esto se puede deber a que presentaba frutas más uniformes y de mejor calidad al momento de la cosecha, sin embargo, se puede

asegurar con un 5% de probabilidad de error, que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable (Anexo D).

En la Figura 15, se observa la cantidad de cajas empacables estimadas en campo, así como, la cantidad de cajas empacadas para cada uno de los tratamientos evaluados durante la investigación. Se puede apreciar que el tratamiento dos (85kg/ha N + 2L/ha Nitrobacter), presentó una mayor cantidad de cajas estimadas en campo con 2146 para un aprovechamiento del 91% de las cajas a la hora de empaque. Por su parte el tratamiento tres (55kg/ha N + 2L/ha Nitrobacter), presentó el menor número de cajas estimas en campo con un 77% de aprovechamiento en planta. Sin embargo, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable ($p > 0,05$).

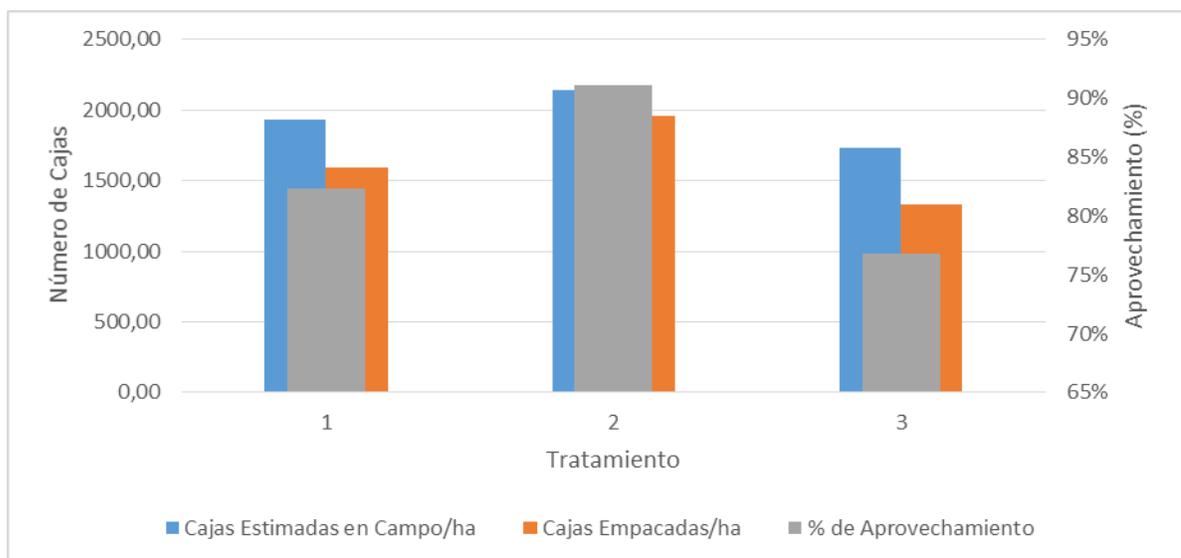


Figura 15: Porcentaje de aprovechamiento de cajas estimadas en campo con respecto a cajas empacadas para los diferentes tratamientos empleados en la investigación.

La estimación de cajas en campo para cada uno de los tratamientos se encuentra por debajo de las estimaciones que realiza la empresa Agroexportaciones Canjel S.A., ya que esta obtiene producciones entre las 2400 y 2800 cajas por hectárea. Sin embargo, es importante mencionar que durante la investigación no se realizaron modificaciones del plan nutricional de los

tratamientos, como sí se hace regularmente en los diferentes lotes de producción, cuando se observan ciertas deficiencias o bien se quiere mejorar el tamaño del follaje o fruto. Es probable que esto haya afectado negativamente la productividad del área de investigación.

En el Cuadro 9, se puede observar el rendimiento de cada tratamiento expresado en kg/ha, una vez que se multiplicó el número de cajas empacadas por 10 kg (peso caja), pudiendo observar el total de kilogramos que se exportaron por tratamiento, después de un único pase de corta para este caso. El tratamiento dos presentó la mayor cantidad de kilogramos por hectárea, seguido del tratamiento uno y finalmente del tratamiento tres.

Cuadro 9: Rendimiento para los distintos tratamientos expresado en kilogramos por hectárea (Kg/ha) y Toneladas por hectárea (Ton/ha).

Tratamiento	Kg/ha	Ton/ha
1	19304,53	19,30
2	21464,91	21,46
3	17354,10	17,35

Se puede observar como el tratamiento dos (85kg/ha N + 2L/ha Nitrobacter) es el que arroja un mayor rendimiento al compararse con el tratamiento testigo, lo cual, indica que se presenta un aumento en el rendimiento cuando se disminuye 15% la fertilización nitrogenada y se incorpora el producto Nitrobacter a una dosis de 2L/ha, lo cual induce a una ganancia económica mayor a la obtenida con el tratamiento convencional de la empresa.

5.5. Costos de Producción

Se contempló el factor económico realizando un análisis de los costos de fertilización para producir una hectárea de melón dorado, híbrido 6276, permitiendo realizar una comparación entre los tratamientos desde otra perspectiva, que resulta de gran importancia para el productor.

En el cuadro 10, se puede observar los diferentes valores desglosados según el costo que conlleva cada tratamiento tomando en cuenta la cantidad del

producto Nitrobacter, así como las diferentes fuentes de fertilizantes requeridos dentro del plan nutricional estudiado.

Cuadro 10: Costos asociados a la fertilización de una hectárea de melón dorado, híbrido 6276 en Pilas de Canjel.

Tratamiento	Costo Fert./ha (¢)	Costo Nitrobacter/ha (¢)	Total/ha (¢)	Producción (Ton/ha/Ciclo)
1. Testigo	389,833.00	-	389,833.00	19,30.00
2. 85%N+2I/ha	381,948.00	24,000.00	405,948.00	21,46.00
3. 55%N+2I/ha	363,816.00	24,000.00	387,816.00	17,35.00

El tratamiento dos, el cual contiene una reducción del 15% de la fertilización nitrogenada y la incorporación del producto a base de bacterias diazotróficas, resulta ser el que arroja el mayor costo de producción por hectárea por ciclo, comparado con el tratamiento uno (testigo), pero a su vez es el que mayor producción presenta. Por su parte el tratamiento tres es el que presenta el menor costo de producción y al compararse con el testigo se obtiene un ahorro de 2,017,00 colones por hectárea por ciclo, y al no presentarse diferencias significativas entre tratamientos en la variable de rendimiento, este se convierte en el tratamiento más adecuado en cuanto a la reducción de nitrógeno e incorporación de bacterias diazotróficas en el cultivo de melón dorado.

Sin embargo, cabe resaltar que la implementación periódica de biofertilizantes en un sistema de producción puede provocar la disminución de los gastos al incrementar la población bacteriana en el suelo, obteniéndose como beneficio la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad, además de disminuir costos de mano de obra a la hora de preparar y disolver los fertilizantes sintéticos.

Rincón (2007) indica que el incremento de la aplicación de biofertilizantes fijadores de nitrógeno puede llegar a reducir la necesidad del uso de fertilizantes nitrogenados, además de disminuir la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales.

6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo la presente investigación, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Se presentaron diferencias significativas en el peso seco total, al comparar los tratamientos donde se aplicó el producto Nitrobacter con el testigo. Sin embargo, en forma individual no hubo diferencias significativas en el peso seco de raíz y fruta.
2. No se presentaron diferencias en la concentración de los nutrientes N, P, Cu, Mn y Zn para la parte vegetativa aérea, fruto y raíz a los 35 DDT, al comparar los tratamientos aplicados.
3. Se presentaron diferencias significativas en la absorción total de nutrientes en los tratamientos con una reducción del 15% y 45% de la fertilización nitrogenada con respecto al N, Ca y Zn, pero no estos con el tratamiento que presenta un 100% de la fertilización nitrogenada. Siendo el tratamiento dos el que presento los mejores valores.
4. El orden de absorción de macro nutrientes del cultivo de melón, fue, de mayor a menor; Potasio, Nitrógeno, Calcio, Magnesio y Fósforo.
5. No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de melón dorado, híbrido 6276, al comparar los tratamientos donde se aplicó el producto Nitrobacter con el testigo. Siendo el tratamiento con una reducción del 15% de la fertilización nitrogenada y la incorporación del producto nitrobacter el que presentó una mayor producción (21.46 ton/Ha/Ciclo).
6. El costo de producir una hectárea de melón fue menor en el uso del producto Nitrobacter y una reducción del 45% en la fertilización nitrogenada y el mayor gasto lo presentó el tratamiento con una reducción del 15% en la fertilización nitrogenada y el uso del producto Nitrobacter.

7. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en la investigación, se sugieren las siguientes recomendaciones:

1. Realizar el ensayo a inicios de la temporada de melón, para obtener condiciones climáticas favorables y menos presión por plagas y enfermedades.
2. Realizar la investigación con el producto Nitrobacter bajo distintas condiciones experimentales para determinar si su efecto se potencializa o disminuye en el rendimiento y calidad del cultivo.
3. Realizar evaluaciones a nivel de campo para conocer la relación Carbono-Nitrógeno presente en el suelo.
4. Realizar evaluaciones a nivel de campo antes y pos aplicación del producto Nitrobacter, para determinar si tiene un efecto residual, y así establecer la frecuencia de aplicación del producto durante y futuros ciclos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agroexportaciones Canjel S.A. 2015. Normalización de calibres para cajas de 10 Kg. Pilas de Canjel, Guanacaste, CR.
- Andreu, J; Betrán, J; Delgado, I; Espada, J; Gil, M; Iguácel, F; Isla, R; Muñoz, F; Orús, F; Perez, M; Quílez, D; Sin, E; Yagüe, M. 2006. Fertilización nitrogenada: Guía de actualización. Gobierno de Aragón, Departamento de Agricultura y Alimentación. Rev. Informaciones Técnicas. Número extraordinario. 197 pp.
- Anónimo. 2007. Normalización del Melón. 4 pp.
- Babor, J; Aznárez, J. 1969. Química General Moderna. Instituto Cubano del libro. La Habana.
- Baquero, C. 2011. Módulo del cultivo de melón: La fertilización en el cultivo de melón. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 27-35p. (en línea). Consultado el 10 de octubre del 2015. Disponible en <http://es.slideshare.net/agro2011/cartilla-cultivo-de-melon>
- Barrientos, M. 2013. Cultivo protegido hidropónico de melón (Cucumis melo L.) en la zona norte de Costa Rica. Tesis Bach Ing. Agr. Costa Rica, 112 pp.
- Baudracco-Armas, S; Pitrat, M. 1996. A generic map of melon (Cucumis melo L.) with RFLP, RAPD, isozyme, disease resistance and morphological markers. Theor. Appl. Genet. 93 pp.
- Bio Eco Natural S.A. 2014. Ficha Técnica Nitrobacter. San Carlos, Costa Rica. 5 pp.
- Brizuela, G. 2003. Guía Técnica para el cultivo de "MELON". 13 pp.

- Cabrera, M. 2007. Mineralización y Nitrificación: Procesos claves en el ciclo del Nitrógeno. Departamento de Ciencias de Suelos y Cultivos. Univ. de Georgia, Athens, Georgia, EE.UU. 18 pp.
- Camacho, F. 2009. El cultivo de melón. Departamento de Producción Vegetal. Univ. de Almería. España. 22 pp.
- Casaca, A. 2005. Guías tecnológicas de frutas y vegetales: El cultivo de melón. Proyecto de Modernización de los Servicios de Transferencia de tecnología Agrícola (PROMOSTA). Documento Técnico. 13p. (en línea). Consultado el 10 de octubre del 2015. Disponible en <http://www.dicta.hn/files/Melon,-2005.pdf>
- Cassán, F; Sgroy, V; Perrig, D; Masciarelli, O; Luna, V. 2008. Producción de fitohormonas por Azospirillum sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: Cassán, F. and García de Salamone, I. (Eds.), Azospirillum sp., cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Asociación Argentina de Microbiología. 61-78 p
- Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología (ArgenBio). 2007. Los microorganismos del suelo y la biotecnología en la agricultura (en línea). Consultado el 11 de octubre del 2015. Disponible en <http://porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=87>
- Drury, C; Zhang, T; Kay, B. 2003. The non-limiting and least-limiting water ranges for soil N mineralization: Measurement and effects of soil texture, compaction and legume residue addition. Soil Scie. Soc. Am. J. 67:1388-1404.
- EcuRed. 2010. Nitrógeno (en línea). Consultado el 05 de agosto de 2016. Disponible en <http://www.ecured.cu/Nitr%C3%B3geno>

- Elizondo, M. 2010. Efecto de la polinización abierta en la producción de melón (Cucumis melo) híbrido dorado, en Lepanto, Puntarenas y Nandayure, Guanacaste. Tesis Lic Ing. Agr. Costa Rica, 51 pp.
- Fernández, M; De María, N; De Felipe, M. 2002. Fijación biológica de nitrógeno: Factores limitantes. Revista Ciencia y Medio Ambiente: 195-202.
- Gadea, A. 2016. Medición de área foliar en el cultivo de melón. Comunicación Personal. San Carlos, Alajuela, CR.
- Google Earth. 2016. Navegador de Google Earth.
- Grupo Cooperativo CAJAMAR. 2014. Parámetros de calidad externa en la industria agroalimentaria. Ficha de transferencia. N°.3. 12 pp.
- Grupo Trisan. 2016. Trisan Agro incorpora al mercado una nueva variedad de melón Dorado (en línea). Consultado el 20 de abril 2016. Disponible en <http://trisanagro.com/2016/03/11/trisan-agro-incorpora-al-mercado-una-nueva-variedad-de-melon-dorado-2/>
- Hernández, T; García, C; Pascual, J; Hernández, M. 2005. El uso de bacterias fijadoras de nitrógeno en Agricultura Ecológica: Una alternativa a la fertilización nitrogenada inorgánica. Agricultura Ecológica. 184-187 p. (en línea). Consultado el 19 de octubre del 2015. Disponible en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_2005_872_184_187.pdf
- Ibarra, C. 2010. Diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de suelo de Chinampa y su efecto en plantas de interés agrícola. Tesis de Maestría en Ciencias, México. 85 pp.
- Instituto Meteorológico Nacional. 2016. Reporte climático estacional (en línea). Consultado el 20 de junio del 2016. Disponible en: <https://www.imn.ac.cr/inicio>

- López, L; Boronat, R. 2016. Aspectos básicos de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de bacterias. Estudio en el laboratorio de Educación Secundaria. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. 13 (1): 203-209
- Loredo, C; López, L; Espinosa, D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociados con gramíneas: una revisión. Terra Latinoamericana, vol. 22, núm. 2. Chapingo, México. 225-239 p. (en línea). Consultado el 21 de octubre del 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/573/57322211.pdf>
- Martínez, E; López, M; Ormeño, E; Moles, C. 2013. Manual teórico – práctico. Los Biofertilizantes y su uso en la Agricultura. SAGARPA – COFUPRO – UNAM. 50 pp.
- Mendoza, J; Cecílio, A; Costa, L. Tavares, F. 2014. Crecimiento, Acumulación de macronutrientes y producción de melón cantaloupe y amarillo. Rev. Caatinga, Mossoró. Vol.27. n°. 3. 72 pp.
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). 2013. Ficha técnica: Cultivo de Melón. Dirección General de Agricultura. Programa Nacional de Cucurbitáceas. 1p. (en línea). Consultado el 11 de octubre del 2015. Disponible en [http://www.mida.gob.pa/upload/documentos/fichas_tecnicas_melon_2013\(1\)\(1\).pdf](http://www.mida.gob.pa/upload/documentos/fichas_tecnicas_melon_2013(1)(1).pdf)
- Monge, J. 2014. Producción y exportación de melón (Cucumis melo) en Costa Rica. Tecnología en Marcha, Vol. 27, N° 1. 93-103 p.
- Pacheco, J; Pat Canul, R; Cabrera, A. 2002. Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. Revista Ingeniería. 6 (3) 73-81

- Paredes, M. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina.
- Pinto, M. 2011. Características generales del cultivo de melón. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 6-17p. (en línea). Consultado el 10 de octubre del 2015. Disponible en <http://es.slideshare.net/agro2011/cartilla-cultivo-de-melon>
- Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). 2015. Estadísticas de Comercio Exterior de Costa Rica 2014. San José, Costa Rica (en línea). Consultado el 07 de noviembre 2015. Disponible en <http://www.procomer.com/uploads/downloads/anuario-estadistico-2014.pdf>
- Rincón, L. 2007. Fertirrigación localizada en suelo para cultivos hortícolas: pautas para el uso eficiente del nitrógeno. Rev. Agricultura. 204-209 pp.
- Rincón, L; Sáez, J; Pérez, J; Pellicer, C; Gómez, M. 1998. Crecimiento y absorción de nutrientes del melón bajo invernadero. 10pp.
- Rodríguez, M. San Miguel-Chávez, R. García, J. Benavides, A. 2013. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo*). Interciencia. Vol. 38 N°12. 857-862 p.
- Sagastume, I. 2013. Fitopatología 1: Los Crinivirus, Familias que afectan (en línea). Consultado el 2 de junio de 2016. Disponible en <http://isaacsagastueme.blogspot.com/2013/06/los-crinivirus-familias-que-afectan.html>
- Salas, J. 2006. Compartiendo nuestras experiencias en investigación participativa. Caso: cultivo del melón en San José de los Ranchos. Maracay, Ven., instituto nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Lara. 31p. (serie D N°6).

- Semilla Magna. 2015. Melón Híbrido tipo amarillo Dorado (en línea). Consultado el 10 de octubre del 2015. Disponible en http://semillasmagna.com/index.php?page=shop.product_details&product_id=69&flypage=flypage.tpl&pop=0&option=com_virtuemart&Itemid=71
- Sosa, H. 2014. Rendimiento del Cultivo de Melón Honey Dew Híbrido 252 HQ, utilizando hormonas reguladoras del crecimiento en dos etapas fenológicas; La Fragua, Zacapa. Tesis de Grado. Univ. Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala. 87 pp.
- Suarez, A. 2011. Biofertilizantes (en línea). Consultado el 06 de agosto de 2016. Disponible en <http://www.ecured.cu/Biofertilizantes>
- Tejera, B; Rojas, M; Heydrich, M. 2011. Potencialidades del género Bacillus en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos Fito patógenos. Revista CENIC. Ciencias Biológicas (en línea). 42 (septiembre-Diciembre). Consultado el 2 de junio de 2016. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181222321004ISSN> 0253-5688
- Uriarte, L. 2015. Cultivo de Melón. Guanacaste, CR. Comunicación personal. Nandayure, Guanacaste.
- Vivanco, J. 2011. El ambiente rozosférico, el mundo oculto de la productividad agrícola. DIHP, INTAGRI. Celaya. México.
- Zumbado, M. 2016. Efecto de la aplicación del producto Nitrobacter dentro de un plan de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de una mezcla de pastos Tanner (*Brachiaria radicans*) y Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) en los Chiles de Aguas Zarcas. Tesis Lic Ing. Agr. Costa Rica, 66 pp.

9. ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianzas del parámetro de crecimiento para cada una de las variables estudiadas durante la investigación.

Anexo A.1. Análisis de varianza para la variable *número de hojas por planta* para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	1080	540,2	1,95	0,176
Error	15	4150	276,7		
Total	17	5230			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	139,833	A
2	6	126,000	A
3	6	121,667	A

Las medias acompañadas de letras distintas son significativamente diferentes.

Anexo A.2. Análisis de varianza para la variable *longitud promedio de guías por planta* para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	3099	1549	0,41	0,669
Error	15	56387	3759		
Total	17	59486			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	253,167	A
2	6	253,167	A
3	6	225,333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo A.3. Análisis de varianza para la variable *número de guías por planta* para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,3333	0,1667	0,41	0,674
Error	15	6,1667	0,4111		
Total	17	6,5000			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	4,66667	A
2	6	4,50000	A
3	6	4,33333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo A.4. Análisis de varianza para la variable *peso seco (gramos) estimado de la parte aérea de la planta* para cada tratamiento.

Análisis de Varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	196092	98046	41,68	0,000
Error	15	35289	2353		
Total	17	231381			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	529,170	A
1	6	391,726	B
3	6	273,753	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo A.5. Análisis de varianza para la variable *peso seco estimado de raíz* para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	2,746	1,373	0,87	0,440
Error	15	23,756	1,584		
Total	17	26,502			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	2,69290	A
3	6	2,59362	A
2	6	1,81922	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo A.6. Análisis de varianza para la variable *peso seco estimado de fruta* para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	58,2	29,11	0,03	0,974
Error	15	16465,0	1097,67		
Total	17	16523,2			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	73,0526	A
3	6	70,9661	A
2	6	68,6493	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo A.7. Análisis de varianza para la variable *peso seco total* para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	194849	97425	16,29	0,000
Error	15	89687	5979		
Total	17	284537			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	612,445	A
1	6	479,850	B
3	6	357,663	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo A.8. Análisis realizados para el Área Foliar para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	0,7796	0,3898	2,69	0,101
Error	15	2,1753	0,1450		
Total	17	2,9549			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	2,35827	A
1	6	2,00694	A
3	6	1,86273	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo B. Análisis realizados para la concentración de nutrientes para cada tratamiento.

Anexo B.1. Análisis realizados para la *concentración de nutrientes en la parte aérea de la planta* para cada tratamiento.

Nitrógeno Total

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	0,01618	0,008089	0,17	0,848
Error	15	0,73040	0,048693		
Total	17	0,74658			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	6	3,83333	A
2	6	3,82667	A
3	6	3,76667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Potasio

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	1,426	0,71294	7,22	0,006
Error	15	1,482	0,09881		
Total	17	2,908			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	5,79000	A
1	6	5,54833	A B
3	6	5,11000	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Calcio

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	0,8659	0,43295	6,18	0,011
Error	15	1,0505	0,07004		
Total	17	1,9164			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	6	4,87833	A
3	6	4,75333	A B
2	6	4,36333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Magnesio

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	0,01748	0,008739	8,42	0,004
Error	15	0,01557	0,001038		
Total	17	0,03304			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	6	0,758333	A
1	6	0,703333	B
2	6	0,685000	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fósforo

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	0,005544	0,002772	1,57	0,240
Error	15	0,026433	0,001762		
Total	17	0,031978			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	6	0,425000	A
2	6	0,395000	A
1	6	0,383333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Cobre

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	1,444	0,7222	0,31	0,741
Error	15	35,500	2,3667		
Total	17	36,944			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	6	17,3333	A
2	6	16,8333	A
3	6	16,6667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Manganeso

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	6433	3216	2,82	0,091
Error	15	17113	1141		
Total	17	23546			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	6	213,0	A
3	6	178,5	A
2	6	169,0	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Hierro

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	579983	289992	0,91	0,422
Error	15	4759387	317292		
Total	17	5339371			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	6	1930,67	A
2	6	1639,83	A
3	6	1499,67	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Zinc

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	143,4	71,72	0,85	0,448
Error	15	1268,8	84,59		
Total	17	1412,3			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	6	74,5000	A
3	6	72,0000	A
2	6	67,6667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo B.2. Análisis realizados para la *concentración de nutrientes en fruto* para cada tratamiento.

Nitrógeno

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	0,6571	0,3285	1,93	0,180
Error	15	2,5561	0,1704		
Total	17	3,2132			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	6	4,27333	A
2	6	4,08667	A
3	6	3,80833	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Potasio

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	1,148	0,5738	4,75	0,025
Error	15	1,813	0,1209		
Total	17	2,961			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	6	5,525	A
2	6	5,495	A B
3	6	4,975	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Calcio

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	0,009544	0,004772	0,55	0,589
Error	15	0,130433	0,008696		
Total	17	0,139978			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	0,665000	A
3	6	0,648333	A
1	6	0,610000	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Magnesio

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	0,000344	0,000172	0,13	0,880
Error	15	0,020017	0,001334		
Total	17	0,020361			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	0,433333	A
3	6	0,425000	A
1	6	0,423333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fósforo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,001111	0,000556	0,08	0,924
Error	15	0,104783	0,006986		
Total	17	0,105894			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	0,775000	A
2	6	0,775000	A
3	6	0,758333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Cobre

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	17,44	8,722	2,63	0,105
Error	15	49,67	3,311		
Total	17	67,11			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	20,1667	A
2	6	18,1667	A
3	6	18,0000	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Manganeso

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	57,33	28,67	1,93	0,180
Error	15	223,17	14,88		
Total	17	280,50			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	42,1667	A
2	6	40,5000	A
3	6	37,8333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Hierro

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	26341	13170	5,41	0,017
Error	15	36484	2432		
Total	17	62824			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	263,000	A
3	6	195,833	A B
1	6	172,833	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Zinc

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	112,0	56,00	1,10	0,358
Error	15	764,0	50,93		
Total	17	876,0			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	59,6667	A
1	6	57,6667	A
3	6	53,6667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo C. Análisis realizados para la absorción total de nutrientes en cada tratamiento.

Nitrógeno

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	943,5	471,76	7,43	0,006
Error	15	952,8	63,52		
Total	17	1896,3			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	60,3140	A
1	6	50,3968	A B
3	6	42,6229	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Potasio

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	3042	1521,1	12,95	0,001
Error	15	1762	117,4		
Total	17	4804			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	89,0364	A
1	6	71,2228	B
3	6	57,2697	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Calcio

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	666,4	333,21	7,15	0,007
Error	15	699,0	46,60		
Total	17	1365,5			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	53,8972	A
1	6	49,4597	A B
3	6	39,3562	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Magnesio

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	17,03	8,516	6,12	0,011
Error	15	20,89	1,392		
Total	17	37,92			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	9,72919	A
1	6	8,16522	A B
3	6	7,39037	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fósforo

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	8,933	4,467	3,85	0,045
Error	15	17,425	1,162		
Total	17	26,358			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	7,48779	A
1	6	6,07454	A
3	6	5,92362	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Cobre

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	15438	7719	6,30	0,010
Error	15	18381	1225		
Total	17	33819			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	265,452	A
1	6	231,930	A B
3	6	193,767	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Manganeso

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	1658827	829413	4,52	0,029
Error	15	2753131	183542		
Total	17	4411957			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	2228,71	A
2	6	2124,82	A B
3	6	1539,11	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Hierro

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	192453178	96226589	3,00	0,080
Error	15	481641020	32109401		
Total	17	674094198			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	20013,3	A
1	6	19402,0	A
3	6	12791,5	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Zinc

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	226511	113256	4,49	0,030
Error	15	378629	25242		
Total	17	605141			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	1020,85	A
1	6	906,79	A B
3	6	747,32	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D. Análisis de varianzas para cada una de las variables de rendimiento estudiadas durante la investigación.

Anexo D.1. Análisis realizados para el número de frutos por metro lineal para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	1,351	0,6756	2,64	0,104
Error	15	3,832	0,2554		
Total	17	5,183			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	3,41667	A
1	6	3,01667	A
3	6	2,75000	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.2. Análisis realizados para el número de cajas calibre 5 para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	6936	3468	0,25	0,783
Error	15	209572	13971		
Total	17	216508			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
3	6	173,131	A
2	6	157,392	A
1	6	125,913	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.3. Análisis realizados para el número de cajas calibre 6 para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	101153	50576	2,26	0,139
Error	15	335456	22364		
Total	17	436609			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
1	6	419,711	A
2	6	327,899	A
3	6	236,087	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.4. Análisis realizados para el número de cajas calibre 7 para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	110716	55358	3,06	0,077
Error	15	271482	18099		
Total	17	382199			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	505,902	A
1	6	393,479	A
3	6	314,783	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.5. Análisis realizados para el número de cajas calibre 8 para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	32513	16257	0,31	0,735
Error	15	777419	51828		
Total	17	809933			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	6	580,382	A
2	6	560,708	A
3	6	482,012	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.6. Análisis realizados para el número de cajas calibre 9 para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	101346	50673	2,36	0,128
Error	15	321562	21437		
Total	17	422907			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	594,591	A
3	6	509,723	A
1	6	410,967	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.7. Análisis realizados para el número Total de Cajas para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	2	507404	253702	2,37	0,127
Error	15	1602585	106839		
Total	17	2109989			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	6	2146,49	A
1	6	1930,45	A
3	6	1735,41	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.8. Análisis realizados para los grados Brix para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,0811	0,04056	0,04	0,964
Error	15	16,3217	1,08811		
Total	17	16,4028			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	10,0167	A
1	6	10,0000	A
3	6	9,8667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.9. Análisis realizados el total de frutas/Ha para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	29683101	14841550	0,74	0,492
Error	15	299386608	19959107		
Total	17	329069708			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
2	6	24904,9	A
1	6	23516,2	A
3	6	21766,3	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.10. Análisis realizados el porcentaje de rechazo para cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	291,5	145,74	1,56	0,241
Error	15	1397,2	93,14		
Total	17	1688,6			

Utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
3	6	33,1725	A
1	6	28,3237	A
2	6	23,3159	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D.11. Estimación de cajas empacables para cada uno de los tratamientos estudiados.

Tratamiento	Cajas Empacadas/0,36ha	Cajas estimadas a planta/ha
1	572,5	1590,28
2	704	1955,56
3	479,7	1332,50

Anexo D.12. Cajas estimadas en campo, cajas estimadas en planta y su porcentaje de aprovechamiento.

Tratamiento	Cajas Estimadas en Campo/ha	Cajas Estimadas en Planta/ha	% de Aprovechamiento
1	1930,45	1590,28	82%
2	2146,49	1955,56	91%
3	1735,41	1332,50	77%