

**EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN Y MANEJO DE AGUA
EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PIÑA [ANANAS COMOSUS (L.) MERR.]
BAJO CONDICIONES DE CAMPO**

Por

MELISSA AILEEN ACEVEDO GONZÁLEZ

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

En

AGRONOMÍA

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ**

2012

Aprobado por:

Félix Román Pérez, MS
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Elide Valencia, PhD
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Elvin Román Paoli, PhD
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Hipólito O'Farrill-Nieves, PhD
Director Interino del Departamento

Fecha

Carmen Santana, PhD
Representante Escuela Graduada

Fecha

ABSTRACT

Pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.] is an important fruit crop in many tropical countries around the world. Its production has decreased dramatically in Puerto Rico by 77% since 1965. This reduction may be due to problems with nutrients and water management. Pineapple plants require large amounts of N and K to maximize yield, therefore, proper management is required. Although pineapple has a low water requirement (60 mm/month), large periods of drought can affect yield. An experiment was conducted to assess how methods of fertilization and water management affect pineapple production. Two pineapple cultivars 'MD-2' and 'Cabezona' were established in a randomized complete block design at Isabela on a Oxisol soil with a plant density of 40,617 plants/ha and at Lajas on a Ultisol soil with a plant density of 17,943 plants/ha, respectively. The treatments applied were: i) application of granular fertilizer 12-6-10-3 at 2, 5, and 9 months after planting (896 kg/ha); ii) application of 150-150-120-45 kg/ha plus twenty foliar applications of urea and potassium sulfate (50 kg/ha) every three weeks; iii) the same nutrient amount as treatment 2, but with drip irrigation every three weeks; iv) same nutrient amount as treatment 3, but applied throughout fertigation; and v) the same nutrient amount as treatment 2 but N was applied as a controlled release formulation every 6 months. In Lajas, foliar nitrogen concentration from the 'D' leaves for treatment 2 and 3 were the highest with 1.3% ($\alpha \leq 0.05$), however, even though treatment 5 was not significantly different ($\alpha \geq 0.05$), it showed a heavier fruit with 0.8 kg (**14 MT/ha**). The low yield was primarily due to the high infestation of mealybug *Dysmicoccus brevipes* (Order Hemiptera) in the entire field and poor root development. In Isabela, treatments 2, 3 and 5 showed the highest fruit weight with the maximum value of 2.5 kg (**101 MT/ha**) and 1.5% of N concentration in the foliar tissue of the 'D' leaves ($\alpha \leq 0.05$). Treatments 2, 3 and 5 also showed the highest plant growing variables. Brix value was higher in Treatment 5 with 15.5°. Although the application of nutrients to the foliage showed the highest values in almost all variables, I recommended the use of controlled release fertilizers to eliminate the need for frequent foliar applications without compromising yield.

RESUMEN

La piña [*Ananas comosus* (L.) Merr.] es una fruta importante y cultivada en varios países tropicales alrededor del mundo. En P.R. su producción ha disminuido considerablemente en un 77% desde 1965. La reducción puede estar relacionada con problemas en el manejo de agua y nutrientes. Las plantas de piñas requieren grandes cantidades de N y K para maximizar su rendimiento, por lo que el manejo apropiado de dichos nutrientes es esencial. Aunque las plantas de piñas necesitan bajas cantidades de agua (60 mm/mes), periodos prolongados de sequía pueden afectar su rendimiento. Se realizó un experimento para evaluar cómo diferentes métodos de fertilización y manejo de agua afectan la producción de piñas. En un diseño en bloques completo aleatorizado, los cultivares ‘MD-2’ y ‘Cabezona’ fueron sembrados en Isabela en un suelo Oxisol a una densidad de siembra de 40,617 plantas/ha y en Lajas en un suelo Ultisol a una densidad de siembra de 17,943 plantas/ha, respectivamente. Los tratamientos aplicados fueron: i) aplicación de fertilizante granulado 12-6-10-3 a los 2, 5 y 9 meses después de la siembra (896 kg/ha); ii) aplicaciones de 150-150-120-45 kg/ha más 20 aspersiones de urea y sulfato de potasio de 50 kg/ha cada 3 semanas; iii) las mismas cantidades que el tratamiento 2 añadiendo riego por goteo; iv) las mismas cantidades que el tratamiento 3, pero por fertirrigación; v) las mismas cantidades que el tratamiento 2 pero utilizando una formulación de nitrógeno de liberación controlada cada 6 meses. En Lajas los tratamientos 2 y 3 obtuvieron las mayores concentraciones de N en los tejidos de la hoja ‘D’ con 1.3% ($\alpha \leq 0.05$), sin embargo aunque el tratamiento 5 mostró el mayor peso del fruto con 0.8 kg (**14 TM/ha**) no fue significativamente diferente ($\alpha \geq 0.05$). Los bajos rendimientos estuvieron relacionados con la alta incidencia de la cochinilla *Dysmicoccus brevipes* (Orden Hemíptera) al igual que un pobre desarrollo de raíces. En Isabela los tratamientos 2, 3 y 5 obtuvieron la mayor concentración de N en los tejidos de la hoja ‘D’; con 1.5% y peso del fruto con 2.5 kg (**101 TM/ha**) ($\alpha \leq 0.05$). También, dichos tratamientos mostraron las variables más altas en el crecimiento vegetativo. Los tratamientos 1,4 y 5 mostraron el Brix más alto con 15.5°. Aunque las aspersiones foliares mostraron los valores más altos en casi todas las variables, se recomienda la utilización de fertilizantes de liberación controlada para eliminar las aplicaciones foliares frecuentes sin comprometer rendimientos.

Copyright. ©2012. Melissa A. Acevedo González

DEDICATORIA

Primero que nada esta tesis se la dedico a Dios, por darme las mil y una razones porque luchar: por el amor. Gracias por ponerme en el camino a personas tan especiales en mi vida y por darme la dicha de ser madre. Se la dedico también a mi primo-hermano Armando Xavier Acevedo Riso (que en paz descanses), porque más que un primo fuiste mi hermano, un ejemplo de humildad y amor. No hay día que pase que no te recuerde. Siempre viviré aquellos momentos que pasamos juntos. Hoy estas con Dios y sé que desde allá estarás protegiendo y cuidando a toda nuestra familia.

Durante el transcurso de mi jornada como estudiante de maestría, hubo personas bien importantes en mi vida, que sin ellos esto no hubiese podido ser posible. A mi querido amado esposo Alberto L. Hernández, mi madre Miriam González, mi padre Ángel Acevedo, mis hijos Angelina M. Hernández y Rubén A. Hernández y mis suegros Nora López y Luis Hernández. Comparto con ustedes este logro ya que su ayuda fue clave para lograr la meta de convertirme en toda una profesional.

Alberto, me brindaste tu apoyo incondicional, tus sacrificios por mí no son y no serán en vano. Gracias por brindarme tu ayuda, consejos, alegrías e infinito amor. Caminamos juntos en este viaje, vencimos obstáculos y ahora finaliza. Me inspiraste a salir de la cajita para enfrentar retos y desafíos. Estaré infinitamente agradecida.

Mis hijos, ustedes son la razón de esto. Desde sus llegadas iluminaron mi vida, en el transcurso la llenaron de amor y diversión. Angelina y Rubén, ustedes sacaron lo mejor de mí.

Soy la madre más afortunada del mundo por tener unos hijos tan maravillosos. ¡Mami los ama con el alma!

Mi hermosa madre, Miriam González. Las palabras se quedan cortas al intentar expresar mis agradecimientos y mi profundo amor por ti. Tu labor de madre, esposa, abuela, tía, madrina y amiga ha sido y es excepcional. Tú me enseñaste a tener coraje para luchar por lo que quiero, de enfrentar cada obstáculo con Dios siempre a mi lado. Desde que nací te has sacrificado y luego de convertirme en madre sigues sacrificándote por mí y mis hijos. ¡GRACIAS!

A mi padre Ángel Acevedo, mi mentor de vida. Has sido mi inspiración desde pequeña. Siempre me voy a acordar de tus consejos. Tu labor de padre es excelente. Me siento muy orgullosa de saber que mi padre está en camino a ser Diacono. Tu Fe me ha inspirado, me ha hecho crecer como cristiana y no tan solo a mí si no a muchas personas. Tú inspiras PAZ. ¡Gracias por todo!

A mis hermanos del alma, Gisell D. Acevedo y Ángel Javier Acevedo. El amor que tengo por ustedes es inmenso. Ustedes han sido mi inspiración de vida. Nuestro lazo de hermanos es bien fuerte, los amo. A Lauramar Santa, Luis Hernández y Laura Sofía Hernández, tienen una hermosa familia, son bien especiales para mí y toda mi familia, los amo muchísimo.

A mis suegros, gracias por toda su ayuda y sacrificios desde el momento que me conocieron. Gracias por acogerme y tratarme como una hija.

¡A toda mi familia, y cuando digo toda, son TODOS! Ustedes también son parte de esto. A mis abuelos y abuelas: María Luisa López, Ernesto González, Aurea Denis y Ángel (Gelo) Acevedo; tíos y tías: René Acevedo, Armando Acevedo, Nilda Acevedo, Michelle Moringlane,

Sandra González, Migdalia González, Luis Ortiz, Ernesto (Pito) González, Nancy González, Ricardo López; primos y primas: Elane Brown, Lorna Brown, Carlos Brown, Lis Marie Acevedo, Ely Acevedo, Enrique Acevedo, Kassandra Acevedo, Alexander Acevedo, Celines González, Gabriel González, Melanie Ortiz, Erik Ortiz, Luis Ortiz, Sheila López , “Chungo” López y la Fam. Ortiz Denis. Estoy bendecida del tener una familia tan acogedora, unida y llena de amor. Por último, pero no menos importante, a mis amistades en especial a aquellos que se mantuvieron a mi lado dándome su apoyo incondicional: Natalie Vázquez, Soe Avilés e Ivette Vélez.

Los amo a todos y siempre los tendré en mi corazón no importa la distancia.

AGRADECIMIENTO

Durante mi desarrollo como estudiante graduada en la Universidad de Puerto Rico muchas personas e instituciones colaboraron directamente en esta investigación. Sin su apoyo no hubiese sido posible terminar este trabajo.

Al Dr. Elvin Román Paoli por acogerme como su estudiante para llevar a cabo este importantísimo proyecto. Gracias por confiar en mí, por su paciencia y apoyo. Usted me hizo ser mejor profesional, me ayudó a vencer retos y desafíos. Al Prof. Félix Román por toda su ayuda con el proyecto, su entrega a este proyecto y por aceptar ser parte de mi comité. Al Dr. Elide Valencia por aceptar ser parte de mi comité, por toda su ayuda y confianza. A la Dra. Carmen Santana por su tiempo y dedicación en la lectura y corrección de la tesis.

Quiero agradecer especialmente a todas las personas que trabajaron conmigo día a día en este proyecto, que fueron pacientes conmigo y me brindaron todos sus conocimientos e ideas: Sr. Edwin D. Monroig “Quito”, Sr. José L. López “Chegui”, y Sr. Juan Toro. A todo el personal de la Estación Experimental Agrícola de las Subestaciones de Isabela y Lajas por su apoyo y colaboración en este proyecto. Ustedes son una parte muy importante en el éxito de este trabajo.

A la Dr. Julia M. O’Hallorans y el personal del Laboratorio Central Analítico por toda su ayuda con los análisis de tejido y suelo. Al personal del Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales y los profesores, en especial a la Dr. Linda Wessel-Beaver por su ayuda con los análisis estadísticos y Dr. David Sotomayor por brindarme sus conocimientos de fertilidad.

A mis estudiantes que me hicieron crecer como profesional. A mis compañeros de la oficina P-109A, gracias por el cariño y la amistad. A Alberto Hernández y Lauramar Santa que me ayudaron en las correcciones del texto. A mi familia por ser los catadores número uno de las piñas. Y a todos a aquellas personas que de una manera u otra contribuyeron al éxito de este trabajo.

Al Departamento de Agricultura de Puerto Rico por el patrocinio de este proyecto (Z-FIDA 06).

Tabla de Contenido

ABSTRACT	II
RESUMEN	III
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO.....	VIII
TABLA DE CONTENIDO	X
LISTA DE TABLAS.....	XII
LISTA DE FIGURAS.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 TRASFONDO HISTÓRICO:.....	6
2.2 PRODUCCIÓN MUNDIAL:	6
2.3 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA:.....	7
2.4 VARIEDADES:.....	9
2.4.1 <i>Cabezona</i>	9
2.4.2 <i>Española Roja</i>	10
2.4.3 <i>Cayena Lisa</i>	11
2.4.3.1 <i>MD-2</i>	12
2.5 MATERIAL DE PROPAGACIÓN:.....	14
2.6 FISIOLOGÍA Y FOTOSÍNTESIS:	15
2.7 CRECIMIENTO DE LA PLANTA:.....	15
2.8 CONDICIONES AMBIENTALES:	17
2.9 CONDICIONES DEL SUELO:	18
2.10 EFICIENCIA USO DE AGUA:	18
2.11 EVAPOTRANSPIRACIÓN Y ESTRÉS DE AGUA:	19
2.12 IRRIGACIÓN:.....	20
2.13 NUTRICIÓN Y ABONAMIENTO:.....	22
2.13.1 <i>Nitrógeno</i>	22
2.13.2 <i>Fósforo</i>	23
2.13.3 <i>Potasio</i>	23
2.13.4 <i>Magnesio</i>	23
2.13.5 <i>Abonamiento</i>	23
3 OBJETIVOS.....	25
4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
4.1 EXPERIMENTO EN LAJAS:	27
4.2 EXPERIMENTO EN ISABELA:	27
4.3 IRRIGACIÓN Y APLICACIÓN DE FERTILIZANTES:.....	28
4.4 CONTROL DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS	32

4.5	VARIABLES DE LA PLANTA	32
4.6	VARIABLES FOLIAR.....	33
4.7	VARIABLES DE LA FRUTA	33
4.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
5.1	LAJAS:.....	35
5.1.1	<i>Análisis variables de la planta durante crecimiento vegetativo</i>	35
5.1.2	<i>Análisis Foliar durante crecimiento vegetativo</i>	40
5.1.3	<i>Análisis de la Fruta</i>	47
5.1.4	<i>Análisis de la planta post-cosecha</i>	52
5.1.5	<i>Análisis de tejido post-cosecha</i>	54
5.2	ISABELA	60
5.2.1	<i>Análisis de variables de la planta durante crecimiento vegetativo</i>	60
5.2.2	<i>Análisis Foliar durante crecimiento vegetativo</i>	65
5.2.3	<i>Análisis del Fruto</i>	70
5.2.4	<i>Análisis de la planta post-cosecha</i>	78
5.2.5	<i>Análisis de tejido post-cosecha</i>	82
6	CONCLUSIÓN.....	85
7	RECOMENDACIONES.....	86
8	LITERATURA CITADA	87

Lista de Tablas

Tablas	Página
Tabla 1. Descripción de los tratamientos (TRT) utilizados en las dos localidades.	26
Tabla 2. Análisis de suelo antes de la siembra para cada localidad y a dos profundidades.	29
Tabla 3. Respuesta en crecimiento de la piña cv. ‘Cabezona’ a diferentes tratamientos y fechas de toma de datos.	36
Tabla 4. Respuesta en la concentración de N en la hoja ‘D’ de la piña ‘Cabezona’ a diferentes tratamientos y fechas de muestreos y contrastes de interés.	43
Tabla 5. Respuesta a las variables del fruto bajo diferentes tratamientos en plantas de piñas cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.	48
Tabla 6. Respuesta a las variables de la planta post-cosecha bajo diferentes tratamientos en plantas de piñas en cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.	53
Tabla 7. Efectos de los tratamientos y contrastes de interés en el porcentaje de N-P-K post-cosecha del tejido foliar cv. ‘Cabezona’ en Lajas.	56
Tabla 8. Respuesta en variables medidas de la planta bajo diferentes tratamientos en cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	61
Tabla 10. Efecto de los tratamientos en el %N en el tejido de la hoja ‘D’ de plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	67
Tabla 11. Análisis de contrastes para % N en la hoja ‘D’ de plantas de piña cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	67
Tabla 11. Respuesta de las variables medidas a la fruta de plantas la piña cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	72
Tabla 12. Análisis de contrastes para las variables del fruto de la planta de piña cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	74
Tabla 13. Efecto de los tratamientos en variables medidas pos-cosecha a las plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	80

Tabla 14. Análisis de contrastes para las variables medidas a la planta post-cosecha de la planta de piña cv. 'MD-2' en la Subestación de Isabela.	81
Tabla 15. Efecto de los tratamientos sobre las concentraciones de N-P-K en el tejido post-cosecha en plantas de piñas cv. 'MD-2' en la Subestación de Isabela.	84

Lista de Figuras

Figuras	Página
Figura 1. Foto del suelo Serie Mariana, Orden Ultisol (Izquierda), Riego por goteo por gravedad con tanque para fertigación (Medio), Sistema de Riego (Derecha) en la Subestación de Lajas.	29
Figura 2. Aplicaciones foliares con bomba de espalda (Izquierda), Sistema de fertigación (Medio) y Sistema de riego (Derecha) en la Subestación de Isabela.	29
Figura 3. Datos de precipitación por semana durante el ciclo de producción de piña cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.	30
Figura 4. Datos de precipitación por semana durante el ciclo de producción de piña cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	31
Figura 5. Síntomas de la Marchitez Roja lo que aparanta ser provocada por el virus que transmite la cochinilla (<i>Dysemicoccus brevipes</i> Orden Hemiptera) en el cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.	38
Figura 6. Gráfico de la tendencia del diámetro de la planta de piña cv. ‘Cabezona’ entre tratamientos y meses después de la siembra.	38
Figura 7. Gráfico de la tendencia de la altura de la planta de piña cv. ‘Cabezona’ entre tratamientos y meses después de la siembra.	39
Figura 8. Gráfico de la tendencia del número de hojas de las planta cv. ‘Cabezona’ de piña entre tratamientos y meses después de la siembra.	39
Figura 9. Correlación entre número de hojas y diámetro de plantas de piña cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.	41
Figura 10. Gráfico de correlación entre diámetro y altura de plantas de piña cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.	41
Figura 11. Gráfico correlación entre número de hoja y altura plantas de piña cv. ‘Cabezona’ la Subestación de Lajas.	42
Figura 12. Gráfico de la tendencia en los efectos de los tratamientos en el porciento de N en la hoja ‘D’ de plantas de piñas cv. ‘Cabezona’ durante el crecimiento vegetativo con líneas horizontales indicando el rango de los valores óptimos.	42

Figura 13. Rendimientos promedios (TM/ha) de la piña cv. ‘Cabezona’ bajo diferentes tratamientos en la Subestación de Lajas..	49
Figura 14. Gráfico de correlación entre pases de cosecha y peso de fruto en plantas de piñas cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.	51
Figura 15. Gráfico de correlación entre peso de la planta y la altura medida a los 15 meses después de la siembra a plantas de piñas cv ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.	55
Figura 16. Gráfico de correlación entre diámetro y peso de la planta a los 15 meses después de la siembra a plantas de piñas cv ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.	55
Figura 17. Gráfico de correlación entre el porcentaje de N y K en la planta de piña después de la cosecha en plantas de piñas cv. ‘Cabezona’	59
Figura 18. Gráfico del número de hojas durante los meses de crecimiento vegetativo de plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	62
Figura 19. Gráfico del diámetro del tallo durante los meses de crecimiento vegetativo de plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	62
Figura 20. Gráfico de la altura durante los meses de crecimiento vegetativo de plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	63
Figura 21. Gráfico de correlación entre número de hojas y altura de la piña cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	66
Figura 22. Efecto de los tratamientos bajo durante el desarrollo vegetativo en el % de N en la hoja ‘D’ de plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela y el rango en valores óptimos en líneas horizontales.	68
Figura 23. Cantidad de frutos cosechados durante los pases de cosecha de plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	71
Figura 24. Gráfico de correlación entre el porcentaje de N en la hoja ‘D’ y el peso de las frutas con corona de plantas de piñas ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	76
Figura 25. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de plantas de piñas ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.	79

1. INTRODUCCIÓN

La piña es la cuarta fruta de mayor importancia económica en Puerto Rico con un ingreso bruto y producción agrícola de \$3,192,000 y 3,810 TM respectivamente para el año 2009-10 (Departamento de Agricultura, 2010). La máxima producción alcanzada fue para el año 1965 con 72,854 toneladas métricas (TM) de las cuales el 28% fue exportado como fruta fresca a Nueva York. El 68% fue procesado y el 4% como consumo local (Conjunto Tecnológico, 1984). Sin embargo, durante el transcurso de los años las siembras de piñas fueron reduciéndose. Para el año 1980 la producción decayó un 50% y ha continuado descendiendo hasta más del 77% actualmente. La baja en producción a través de los años pudiera estar relacionada a diferentes factores, entre ellos, problemas de manejo de agua y de nutrientes. Existe una falta de conocimiento y de investigación acerca de la respuesta de la piña al riego y a diferentes métodos de aplicación de fertilizantes en el tamaño, calidad y rendimientos del fruto.

Se han cultivado diversas variedades de piña, siendo la ‘Cabezona’, ‘Española Roja’ y ‘Cayena Lisa’ las más utilizadas. La variedad ‘Cabezona’ se siembra en el área suroeste de Puerto Rico (PR) y solo se cultiva para satisfacer la demanda local. La ‘Española Roja’ fue la primera variedad comercial sembrada en PR mayormente en el área norte. En el 1940 el cultivo de esta variedad alcanzó la mayor producción en la Isla, sin embargo, fue decayendo al pasar de los años. Para el 1958 las siembras fueron sustituidas en un 50% por la variedad ‘Cayena Lisa’. La ‘Cayena Lisa’ acaparó el mercado debido a sus características agronómicas superiores a la ‘Española Roja’, en cuanto a apariencia y productividad (Cibes y Samuels, 1958). Hoy día la ‘Cayena Lisa’ es la variedad que predomina el mercado local y mundial.

La mayoría de las siembras de piñas alrededor del mundo se cultivan sin un sistema de riego por tratarse de un cultivo con bajos requerimientos hídricos. Según la FAO, 60 mm al mes son suficientes para evitar estrés hídrico en la planta. Otros autores indican que 50 mm al mes es óptimo (Py et al., 1987; Bartholomew et al., 2003; Azevedo et al., 2007). La cantidad requerida por el cultivo va en relación a la región geográfica, temperatura, precipitación y la tasa de evaporación (Bartholomew et al., 2003). La eficiencia del uso de agua y su relativo poco requerimiento se debe a aspectos morfológicos, anatómicos y fisiológicos. La morfología de la piña consiste en una estructura en forma de roseta cuya función es de almacenamiento de agua. Algunos aspectos anatómicos son: capacidad de absorción de agua por las hojas cerosas, tejido especializado con función de reserva dentro de la hoja, tricomas multicelulares que ejercen función de válvula y reflector de luz y cutícula fina (Py et al., 1987; Coppens y Leal, 2003). El aspecto fisiológico de la planta de piña es que tienen un ciclo fotosintético CAM, el cual cierra sus estomas durante el día bajando la tasa de transpiración (Coppens y Leal, 2003; Azevedo et al., 2007; Theodore y Acevedo, 1974). Sin embargo, periodos prolongados de sequía pueden afectar el crecimiento y el desarrollo del fruto afectando calidad y rendimiento (Bartholomew et al. 2003; Azevedo et al., 2007; Ekern, 1965, Hepton, 2003; Theodore y Acevedo, 1974). La irregularidad de lluvia, en el lugar de producción de la piña, produce una retardación de los estados fenológicos resultando una reducción del fruto (Azevedo et al., 2007; Hepton, 2003). En lugares en donde los requisitos hídricos no son alcanzados o épocas secas son prolongadas, la implementación de un sistema de riego es fundamental para garantizar la producción y rendimientos esperados.

Existen diferentes métodos de irrigación, sin embargo el más utilizado por los agricultores es el riego por goteo. Este sistema tiene la ventaja de ser más eficiente entre el agua aplicada y el agua disponible para la planta (Santos et al., 2010; Malezieux et al., 2003; Hslao y Acevedo, 1974). El riego por goteo permite localizar el agua directo en la zona de las raíces en el momento en que el cultivo lo requiera. Otro beneficio del sistema es la versatilidad de proveerle agua y fertilizantes y/o plaguicidas solubles directo a las raíces al mismo tiempo en un solo sistema. La fertirrigación es la aplicación de fertilizantes solubles por un sistema de irrigación. Este método de fertilización tiene auge en la agricultura moderna por la eficiencia de aplicación de nutrientes (Imas, 1999). La eficiencia de este sistema está influenciada por factores como: tipo de suelo, cultivo, método de irrigación, calidad del agua, tipo de fertilizante y el impacto económico al agricultor (Biswas, 2010). La inversión inicial del agricultor es grande, sin embargo, ésta es aliviada cuando las ganancias se maximizan. Existe poca literatura acerca de la utilización del riego por goteo para hacer aplicaciones de fertilizantes y sus efectos en la producción y/o rendimientos en el cultivo de piña.

El estatus nutricional del cultivo tiene una influencia directa en el crecimiento y calidad del fruto y como consecuencia en el rendimiento. El programa de manejo de fertilización tiene que complementarse con un análisis de suelo y tejido foliar. Tales análisis ayudarán al balance adecuado de los nutrientes y evitar la contaminación ambiental. Las aplicaciones de nutrientes en exceso como nitrógeno (N) han sido reportadas como uno de los mayores contaminantes en aguas subterráneas, ya que son elementos muy móviles en el suelo. Es por esta razón que dichos análisis ayudarán al manejo de fertilizantes. El tejido foliar que se utiliza para el análisis de nutrientes de la planta se estudia en la hoja 'D'. Esta hoja es la más madura entre las hojas

nuevas y la más joven entre las hojas viejas. En la hoja 'D' la precisión del estatus nutricional es mayor que las demás hojas (Bartholomew et al., 2003; Souza et al., 2002). Cibes y Samuels (1958) estudió los síntomas de deficiencia en la 'Cayena Lisa' bajo condiciones controladas en Puerto Rico. Este estudio sirve como guía, en conjunto a un análisis de nutrientes del suelo, para hacer detección temprana de la deficiencia y corregirla sin afectar los rendimientos.

La piña tiene un alto requisito nutricional que a menudo excede lo que el suelo cultivable puede suplirle (Souza et al., 2006). Los elementos más limitantes en el cultivo de piña lo son N y potasio (K) afectando mayormente el crecimiento y la calidad del fruto, respectivamente (Cibes y Samuels, 1958; Souza et al., 2002; Malezieux et al., 2003; Spironello et al., 2004). El requerimiento de P es bajo (Souza et al., 2006; Ahmed et al., 2001; Bartholomew et al., 2003; Cibes y Samuels, 1958), sin embargo valores menores a 5.0 ppm en un análisis de suelo afecta el crecimiento de las raíces en las etapas tempranas de crecimiento y la calidad del fruto (Bartholomew et al., 2003). Un desarrollo pobre de las raíces afecta la absorción de agua y nutrientes del suelo. Estudios hechos por Aziz et al. (1990), (citado en Bartholomew et al., 2003) demostró que la asociación planta-micorriza juega un rol importante en la transferencia de nutrientes del suelo teniendo la planta otro mecanismo de absorción de nutrientes.

Existen diferentes tipos de fertilizantes: sólido (granulado o en polvo), líquido y en gas, que dependiendo de sus características de reacción (suelos ácidos y alcalinos), solubilidad y liberación se pueden aplicar de diferentes maneras al cultivo, ya sea vía foliar o vía al suelo. Estudios de abonamiento de piña en Malasia indican que la fertilización tiene una eficiencia de aplicación del 53% en P y 29% en K. Dicha eficiencia es afectada a causa de pérdida por lixiviación (pérdida de nutrientes solubles en agua, a través de los horizontes del suelo) y/o

retención de P y K en el suelo (Ahmed et al., 2001; Giambelluca y Oki, 1985). En Puerto Rico, Conde y Gómez, (1999) investigaron la concentración de nitratos en los acuíferos subterráneos en el área de Manatí. Los acuíferos están localizados cerca a una finca de piña. Conde y Gómez (1999) encontraron que los límites de concentración de nitratos eran altos (6.8 -10 mg/L) y su origen era mayormente de los fertilizantes utilizados. Ellos encontraron que potencialmente se podría lixiviar hasta 760 kg/ha de N por año de suelos bajo el cultivo de piña en dicho municipio lo que provoca hacer una mejor utilización de los fertilizantes. Otro problema que enfrentan los agricultores es satisfacer la demanda nutricional en el momento que la planta lo necesite. Según Ahmed et al., (2001) el pico de absorción de la planta que es a los 263 días después de la siembra (dds). Por esta razón y otros factores las prácticas de manejo de fertilizantes serán determinantes para obtener una buena eficacia de aplicación para disminuir pérdidas y maximizar ganancia.

Existe poca información relacionada a los efectos en crecimiento, calidad, producción y rendimientos de distintos métodos de fertilización y riego en el cultivo de piña. El propósito de esta investigación es revisar el paquete tecnológico y proveerles a los agricultores de piña, en Puerto Rico, la información necesaria sobre los efectos de diferentes prácticas en el manejo de fertilizantes y agua sobre el rendimiento y producción. La hipótesis de la investigación probará que la utilización de riego por goteo para satisfacer los requisitos de agua y fertilizantes es la mejor práctica.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Trasfondo Histórico:

El origen de la piña (*Ananas comosus* L. Merr) es incierto, sin embargo varios autores indican su origen en Guayana Francesa. Los indios fueron los primeros en cultivar y diversificar la preciada fruta en el nuevo mundo. Cristóbal Colón descubrió la piña en la isla de Guadalupe en el 1493 y desde entonces la piña ha sido distribuida desde América a todo el continente Europeo. No fue hasta 100 años después que las siembras de piñas fueron utilizadas exitosamente para comercialización (Collins, 1951). En Puerto Rico, se presume que los indios aruacas o los caribes introdujeron la piña para el siglo XVI (Gandía y Samuels, 1958). Cuando los españoles gobernaban a Puerto Rico el cultivo de la piña se hizo a pequeña escala. No fue hasta que la Isla fue cedida a los Estados Unidos cuando aumentaron las siembras de piña comerciales. El aumento en tierras cultivadas de piñas colocó al cultivo entre uno de los productos más importantes económicamente. Para el 1908, se comenzó a exportar como fruta fresca mayormente a los Estados Unidos y para el mismo año se posicionó como la fruta de mayor importancia y el segundo producto agrícola más importante para la exportación (Pérez, 1957, Piñero y Bayrón, 1948). Las siembras se localizaron mayormente en el área norte en los municipios de Arecibo, Manatí, Vega Baja, Corozal y Bayamón y en menor escala en el suroeste en el municipio de Lajas.

2.2 Producción Mundial:

La producción mundial de la piña para el año 2008 fue de 19.16 millones de TM con un área total de 848,140 hectáreas (ha) cultivadas y rendimiento promedio global de 22.6 TM/ha (FAO,

2008). Alrededor de 79 países alrededor del mundo producen piña (Elizondo, 2010). Brasil es el mayor productor de piña a nivel mundial con una producción de 2.4 millones de TM, sin embargo en términos de rendimiento se encuentra en la cuarta posición con 40.1 TM/ha. Los dos países con mayor rendimiento lo son Indonesia y Costa Rica con 61.2 TM/ha y 48.5 TM/ha, respectivamente, sin embargo son el séptimo y cuarto en producción.

2.3 Taxonomía y Morfología:

Ananas comosus (L.) Merr., es una planta herbácea perenne monocotiledónea perteneciente al orden *Bromeliales*, familia *Bromeliaceae*, subfamilia *Bromelioideae* el cual comprende de 2,794 especies en los 56 géneros existentes. Los géneros de la familia *Bromaliaceae* principalmente son de tallo corto, las hojas están debidamente orientadas en forma de una roseta, la inflorescencia es terminal la cual se difunde en un sincarpio con aspecto de racimo y sus flores son hermafroditas. Crecen en un gran rango de ambientes, entre ellos está sombra, sol, lugares secos y húmedos y diferentes altitudes.

La planta adulta alcanza una altura de 1 a 2 metros (m) con entrenudos de aproximadamente de 1 a 10 mm dependiendo de su posición. El tallo tiene una altura de 25 a 50 centímetro (cm) siendo la primera hoja de la sesión o brote la que lo encapsula. La peculiaridad que tiene el tallo es la presencia de raíces adventicias que salen de la epidermis entre la base de cada hoja. Cuando las raíces adventicias o aéreas alcanzan la madurez fisiológica la característica de absorción disminuye (Bartholomew et al., 2003). La parte aérea del tallo es recta y la parte subterránea está llena de raíces fibrosas adventicias. El sistema vascular consiste principalmente del xilema y un pequeño floema (Coppens y Leal, 2003).

La planta adulta carece de una raíz principal y solo tiene raíces adventicias. Los hijuelos tienen una raíz principal sin embargo cuando la planta madura, esta muere para luego ser remplazada por raíces adventicias. Las raíces adventicias pueden esparcirse hasta 0.85 m de profundidad y lateralmente hasta 2 m en condiciones ideales y en su superficie se encuentran células con pelos radiculares. Estudios indican que las coronas producen más raíces que los brotes (Coppens y Leal, 2003).

Las hojas son verdes, sésiles, con o sin espinas, en forma de espiral que encapsula el tallo en dos tercios de la circunferencia. El número total varía entre 40 a 80 dependiendo de la variedad y ecosistema con una ancho que puede alcanzar hasta los 7 cm (Coppens y Leal, 2003). Las hojas que están más abajo son de origen del material de propagación y son más pequeñas que las otras. La parte axial y abaxial están cubiertas por células conocidas como tricomas. Estas células funcionan como válvulas de una sola vía, la parte abaxial de la hoja tiene el mayor número de tricomas con aspecto plateado cuya función es reflejar la luz. La hoja está compuesta de epidermis e hipodermis, estas son tejidos con función de almacenamiento de agua que cubre la mitad del grosor de la hoja dependiendo de su estrés hídrico. También la hoja se compone del mesófilo con los haces vasculares, cloroplasto, fibras y canales aéreos. La densidad de estomas son bajas con aproximadamente 80 estomas/m² (Coppens y Leal, 2003).

La inflorescencia, pedúnculo y fruto se desarrolla en el meristemo apical y es inducido naturalmente por temperaturas frías y días cortos (Overbeek y Cruzado, 1948; Hepton, 2003, Bartholomew et al., 2002). Las flores son pequeñas, no más grande de 2.5 cm, de color violeta-rojiza. Según la variedad pueden tener pocas flores individuales hasta unas 200. Las flores son hermafroditas con tres sépalos y tres pétalos, seis estambres en dos vertículos de tres y un pistilo

tricarpetado. El sincarpo de la inflorescencia resulta en la fusión de la parte basal de la floración formando frutos múltiples (Coppens y Leal, 2003). El número de ovarios varía según la variedad y son parte del fruto con las brácteas y sépalos. Arriba de la fruta se encuentra la corona que comprende alrededor de 150 hojas pequeñas. La planta de piña produce solo un fruto por planta por ciclo, pero puede tener hasta dos ciclos por retoño. El retoño es un hijo que sale justo al lado de la planta en la parte del suelo. Cuando la planta madre termina el ciclo el retoño brota y produce una piña de mucho menor tamaño. Las plantaciones comerciales limitan la producción a una sola por planta por la reducción del peso del fruto (Bartholomew et al., 2003). El centro de la fruta es duro y fibroso.

2.4 Variedades:

Se han identificado entre 48 a 68 cultivares alrededor del mundo. El sistema de clasificación de las variedades son por espigas, forma de la fruta y color. Las variedades ‘Cabezona’, ‘Española Roja’ y ‘Cayena Lisa’ son las que se cultivan comercialmente en Puerto Rico. Sin embargo la variedad que predomina el mercado mundial es la ‘Cayena Lisa’ por su altos rendimientos y adaptabilidad y buenas características para el procesado (Chan et al, 2003). Otros cultivares que se siembran alrededor del mundo lo son: ‘Manzana’, ‘Perola’, ‘Mauritius cv. Queen’, entre otros. Muchos países han optado en el programa de fitomejoramiento la estrategia de hibridación y selección de las progenies híbridas de la segregación, del cual la ‘Cayena Lisa’ es el padre comúnmente utilizado (Chan et al., 2003).

2.4.1 Cabezona

La variedad ‘Cabezona’ fue la primera variedad en cultivarse en grandes extensiones en Puerto Rico según Salazar (Ramírez y González, 1983). Sin embargo, al pasar los años y décadas,

el cultivo fue reduciéndose considerablemente debido a factores de mercadeo, bajo precio del fruto y la escasez de hijuelos. La producción de hijuelos de esta variedad es pobre por lo que hay muy poco material de propagación para siembras subsiguientes (Áviles-Rodríguez y Montalvo, 2000). El cultivo está restringido a las condiciones semi-áridas en suelos ácidos (Ultisoles), de Puerto Rico. La característica más predominante es el alto peso de la fruta que fluctúa entre 3.0 a 7.0 kg y su mercado es exclusivo como fruta fresca ya que es de textura blanda para el procesamiento. Gandía y Samuels (1958) la catalogan como la piña más grande en el mundo. Lamentablemente el peso del fruto también se ha reducido durante los años, actualmente fluctuando entre los 4.5 kg (Áviles-Rodríguez et al., 2000). Según Áviles-Rodríguez et al., (2000) la reducción en el peso promedio del fruto se debe a la mezcla de variedades, mutación genética, y problemas con el manejo.

Sus hojas son débiles y espinosas en los márgenes desde la punta hasta la base de la hoja. La siembra convencional se hace a hilera sencilla para facilitar su manejo con una densidad de siembra que no sobrepasa las 11,960 plantas/hectárea (ha) con rendimientos de 32 a 36 TM/ha, aunque hileras doble han dado rendimientos de hasta 72.56 TM/ha (Conjunto Tecnológico, 1984) a 88.41TM/ha (Ramírez y González, 1983). La pulpa de la fruta es de color blancuzca, con poca fibra, jugosa y con una corona frondosa en el tope de ella.

2.4.2 Española Roja

La ‘Española Roja’ se introdujo a Puerto Rico para el año 1900 y desde entonces se cultivó intensivamente. Fue la variedad más importante en la industria con exportación mayormente a Nueva York, Estados Unidos. Para el 1958 la ‘Española Roja’ cubrió el 75% de las siembras de piña en el área norte de Puerto Rico (Gandía y Samuels, 1958). Se caracteriza por ser resistente a

temperaturas altas, sequías, podredumbre del fruto y a *Phytophthora parasitica* (Chan et al., 2003). Se destinó mayormente a la exportación, ya que es resistente al transporte y procesamiento por ser una fruta dura (Gandía y Samuels, 1958).

La planta es vigorosa y las hojas son espinosas de color verde oscuro con líneas rojas en el centro. La fruta es mediana, de aspecto cónico a ovalado, que fluctúa entre 1 a 2 kg. Otras características de la fruta de esta variedad es su baja acidez, con contenido moderado de azúcares (12° Brix), olor aromático, corteza de color anaranjada, globosa con ojos grandes y la pulpa es blanca y fibrosa. Es buena productora de hijuelos y se puede tener hasta tres cosechas en un ciclo de 4 años con rendimientos de hasta 60 TM/ha (Conjunto Tecnológico, 1984).

2.4.3 *Cayena Lisa*

La ‘Cayena Lisa’ es una fruta que tiene un peso de alrededor de 1.5 a 3 kg. Las hojas son de color verde oscuro y se caracterizan por no poseer espinas en los márgenes, aunque si unas pocas en la base y en las puntas de las hojas. La fruta es cónica, tiene pulpa color amarillo pálido, es de sabor dulce con un Brix (azúcares solubles) de 13° a 19°, jugosa, con acidez mayor a los demás cultivares y fibrosa. Es buena para la exportación, procesado y consumo fresco. Su pedúnculo es corto, pero fuerte. La fruta cuando se madura comienza a tornarse amarilla desde la base hacia el ápice. El ciclo de producción es mayor que en las otras variedades y es más característico en zonas templadas. Los rendimientos reportados en Puerto Rico varían desde las 40 a 54 TM/ha (Conjunto Tecnológico, 1984). Los retoños (la segunda cosecha) son de bajo rendimiento por el bajo peso de la fruta. Esta variedad es susceptible a varias enfermedades y plagas sin embargo es resistente a *Phytophthora parasitica* y al colapso de la fruta causada por *Erwinia chrysanthemi* (Chan et al., 2003).

2.4.3.1 MD-2

Las plantas de piñas se propagan vegetativamente, sin embargo la reproducción sexual ocurre naturalmente en ocasiones raras. De ocurrir la autofecundación las semillas del producto germinan de una manera lenta con bajo vigor genético. Sin embargo por ser una planta heterocigoto esta puede ser cruzada artificialmente con otras variedades para obtener híbridos. Uno de esos cruces produjo el híbrido ‘MD-2’ llamado también como ‘Golden Ripe’ o ‘Extra Sweet’ fue desarrollado por Del Monte Fresh Produce Hawaii Inc. y liberada para el año 1996 (Frank, 2003). La patente de la MD-2 fue eliminada en el 2004 por violar la regla de ventas previa ya que la compañía vendía sus productos años antes de someter la patente.

El híbrido ‘MD-2’ fue creado a partir de varios cruces hechos por los científicos del instituto de investigación de piñas (“Pineapple Research Institute”, PRI). Con el fin de mejorar la variedad ‘Champaka’ el cual es un clon de ‘Cayena Lisa’, cruzaron los híbridos PRI 58-1184 y 59-443 notando características deseables superiores a la ‘Cayena Lisa’ como color de pulpa, vida útil de almacenamiento, transporte, azúcares solubles, vitaminas entre otros (Frank, 2004; Chan et al., 2003). De este cruce se seleccionaron dos híbridos PRI 73-114 y 73-50. Este mostraba características de color dorado al madurarse, de sabor dulce, baja acidez y características de resistencia a algunos patógenos y buen almacenamiento en temperaturas frías de hasta dos semanas. Luego de este descubrimiento PRI cerró sus investigaciones para el año 1987 y cedió el material a los miembros que componían el instituto, entre ellos se encontraba la compañía Del Monte.

La compañía Del Monte nombró el híbrido 73-50 y 73-114 como MD-1 y MD-2, respectivamente. Del Monte propagó el material proveniente del instituto aumentando las

siembras logrando exportar sus productos con el nombre “Del Monte Gold” a los Estados Unidos. Las ventas eran de \$20 por la caja de 11 kg, (5 a 7 piñas) (Frank, 2004). Para el 1996, la compañía Del Monte tuvo una ganancia de \$200 millones al ser liberada. Para el 2004 su ganancia anual se duplicó el cual controló el 70% del mercado para el mismo año (Frank, 2004). La aceptación en todo el mercado internacional logró que la MD-2 sea el híbrido más utilizado para la exportación y consumo alcanzando a más de 60,000 ha sembradas en todo el mundo según la FAO (Bartholomew, 2009).

El fruto es clasificado entre mediano y grande con un peso que varía de 1.3 a 2.5 kg, es cilíndrico, con ojillos achatados y la cáscara tiene un color de anaranjado amarillento. Es alto en azúcares (15° a 17° de Brix), alto en ácido ascórbico de textura tierna. Sus hojas son verdes, con pocas espinas observándose solo en las puntas y en la parte basal de las hojas. Es resistente al decaimiento interno de la fruta, *Phytophthora* y al marchitamiento, tiene altos niveles de vitaminas A y C, baja acidez, altos rendimientos y tiene crecimiento más rápido que la ‘Cayena Lisa’ (Chan et al., 2003, Bartholomew, 2009). Las características más sobresalientes de este híbrido son: color dorado de la cáscara, pulpa color oro, alto contenido de azúcares solubles, baja acidez, alto en vitamina C y excepcional vida útil después de la cosecha (Bartholomew, 2009).

En Puerto Rico actualmente la compañía Atenas Pineapple en el municipio de Manatí ha reportado rendimientos que varían desde 69-80 TM/ha y que tienen una visión futurística para la exportación (Vargas, 2009).

2.5 Material de Propagación:

La planta de piña produce de cero a bien bajas cantidades de semillas, por lo que su propagación es mayormente vegetativa. Existen diversos materiales de propagación que se pueden utilizar para la siembra. Entre las más comunes están: corona, hijuelos de las coronas, hijuelos basales, hijuelos del pedúnculo floral y los chupones. Las coronas no se utilizan mucho, sin embargo, en escasez de material de propagación es el más utilizado y es el menos costoso (Gandía y Samuels, 1958). La abundancia de la corona para siembra dependerá del destino final de la fruta. Si es para consumo fresco, la corona permanece con la fruta, mientras que a la fruta para procesar se le remueve. Los hijuelos de la corona y los hijuelos del pedúnculo tienen la característica de tener curvatura en la base. Estos usualmente se dejan en la planta semanas después de la cosecha. Estudios indicaron que hay una relación entre el número de hijuelos de la corona con el rendimiento: a mayor hijuelo de la corona, menor es el peso del fruto (Collins, 1960 y Chang, 1960, citado por Hepton, 2003). Los chupones son los que nacen del tallo y son más costosos ya que hay que cortarlos de la planta. Pese a su costo, en lugares como Tailandia es el material que más se utiliza ya que produce menos hijuelos de la corona y por ende mayores rendimientos (Hepton, 2003). También son el material más resistente a la transportación y almacenamiento. Se debe hacer una selección por tamaño del material de propagación ya que puede ocurrir floración precoz cuando el tamaño es grande. También existen diferentes fechas de cosecha dependiendo del tipo de material. Por ejemplo, las coronas son las que más se tardan en desarrollar fruto debido a su lento desarrollo vegetativo (hasta unos 22 meses dds) mientras que los chupones tienen un ciclo de producción menor (aproximadamente de 14 a 18 meses).

2.6 Fisiología y Fotosíntesis:

La piña pertenece al grupo CAM (“Crassulacean Acid Metabolism”) que utiliza las enzimas PEPasa y RUBISCO para fijar CO₂. La peculiaridad que caracteriza este grupo es que cierra sus estomas durante el día y los abre durante la noche. La fijación de CO₂ comienza desde la noche con PEPasa, la síntesis de malato el cual es almacenado en la vacuola. Al siguiente día ocurre la descarboxilación de malato liberando CO₂ que luego va a ser fijado por RUBISCO. A causa de que las estomas están cerradas durante el día, la tasa de transpiración es menor que aquellas plantas que son del grupo C₃ y C₄, sacrificando una parte de su fotosíntesis neta (Hslao y Acevedo, 1974).

En condiciones de estrés hídrico y de altas temperaturas, la fijación de CO₂ disminuye y si se prolongara el periodo de estrés, la fijación neta de CO₂ cesa. Sin embargo la planta sigue respirando, re-fijando CO₂ durante la noche (Malezieux et al., 2003). La tasa de transpiración está relacionada a la entrada de CO₂ y a la presión del vapor de agua. Durante el día la tasa de transpiración va disminuyendo mientras que durante la noche va aumentando por la apertura y cierre de las estomas. Malezieux et al (2003) llegó a la conclusión que en el trópico el consumo de agua será mayor que en el sub-trópico por factores de temperatura más altas que en zonas templadas como Australia.

2.7 Crecimiento de la Planta:

Las hojas representan aproximadamente el 90% del peso fresco de la planta durante la etapa de crecimiento (Py, 1969; Coppens y Leal, 2003). El alargamiento de las hojas dependerá de la temperatura del ambiente y la presión de turgor de la planta (Ekern, 1965, Theodore y Acevedo, 1974). Dicho alargamientos se alcanzan más o menos a los 4 meses luego de la siembra

(Malezieux et al., 2003). Las hojas se clasifican según su tamaño y edad identificadas como A, B, C, D, E y F, desde la más viejas a las más nuevas, (Sideris et al., 1928; Malezieux et al., 2003). La hoja que se identifica con mayor facilidad es la hoja 'D' que es la más grande de todas y fisiológicamente más activa. Esta se utiliza mayormente para el índice de crecimiento y del estatus nutricional. Según Py et al., (1987) la altura máxima es de 100 cm para la hoja 'D' y un ancho de hasta 7 cm dependiendo del cultivar.

Las raíces pueden llegar a una altura de 1.8 m y una profundidad de 0.85 m (Malezieux et al., 2003). Aunque las raíces son superficiales, un pobre desarrollo afectará la planta. Las raíces no se desarrollan bien en suelos compactados y son muy susceptible a inundaciones por la condiciones anaeróbicas. Las raíces se desarrollan durante todo el crecimiento vegetativo hasta la inducción de la florecida (Malezieux et al., 2003). Las coronas las que producen más en comparación con los demás materiales de propagación.

El tallo crece hasta el momento de la floración y dependerá mayormente de las condiciones ambientales, fertilidad y presencia o ausencia de enfermedades. Tiene una altura de 25 a 30 cm y tienen un ancho entre 2 a 8 cm. La distancia entre nudos (donde salen las hojas) es pequeña, alrededor de 1-10 mm. La primera hoja del material encapsula el tallo formando apariencia de roseta. Del tallo sale raíces adventicias entre las bases de las hojas. Se puede acumular almidón y dependerá de la variedad y edad fisiológica. Se cree que en condiciones subtropicales es mayor la acumulación de almidón por las temperaturas más frías y la diferencia de día y noche más marcada.

2.8 Condiciones Ambientales:

El cultivo de piña crece bien en un rango de temperatura que va desde los 20 a 30°C, sin embargo a menor de 15°C y mayor de 32°C el crecimiento disminuye. La temperatura óptima es de 25°C (Malezieux et al., 2003; Souza et al., 2006) y de 29.5°C (Conjunto Tecnológico, 1984). Las hojas horizontales en la variedad ‘Cayena Lisa’ pueden llegar hasta una temperatura de 48°C entre las una y tres de la tarde en Hawaii, sin embargo no se reportó que hubiera un efecto en el crecimiento (Bartholomew et al., 2003). Se ha encontrado que el estrés de temperatura puede ocasionar floración prematura y quemadura en las hojas y en el fruto. Una de las características que va a determinar rendimientos y peso del fruto es en la latitud en la que es sembrada (Hepton, 2003).

La iluminación que requiere para que no se afecte el crecimiento es de 8 a 12 horas de luz diaria. La sombra afecta el crecimiento y maduración del fruto. Iluminación excesiva y vientos fuertes provocan quemadura y la sequedad en la punta de las hojas.

La altitud debe de ser entre los 0 a 300 m sobre el nivel del mar. Estudios han demostrado que a niveles más altos de 400 m la fruta se acidifica y los rendimientos bajan (Py et al., 1987).

Los requisitos hídricos son pequeños, el cultivo requiere solo 50 a 60 mm de agua al mes ya sea provenientes de lluvia o de riego en aquellos lugares en donde se limita la lluvia (Hepton, 2003). Esta mínima cantidad será eficientemente usada para mantener las raíces con la humedad necesaria si se emplea en sistemas de riego por goteo utilizando cubiertas vegetativas como también de plástico (Bartholomew et al., 2003, Wan y El-Swafy, 1999).

2.9 Condiciones del Suelo:

El cultivo crece en un gran diversidad de tipos de suelo que incluye desde suelos orgánicos hasta suelos volcánicos y de suelos arcillosos hasta suelos arenosos (Hepton, 2003). Se considera un suelo óptimo aquel que tenga contenido de materia orgánica suficiente para proveerle nutrientes, especialmente N. Cuando la materia orgánica se descompone libera nutrientes, ayuda a la textura del suelo y estabilidad de agregados por ser un agente cementante, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y tiene capacidad amortiguadora, entre otros beneficios. La piña requiere de suelos bien drenados con capacidad de retención de agua mediana para asegurar la humedad en el suelo y evitar la pudrición de las raíces por encharcamiento de agua y la entrada de enfermedades asociadas a la misma (Souza et al., 2002; Py, 1969; Conjunto Tecnológico, 1984; Gandía y Samuels, 1958). Es necesario hacer una buena preparación del suelo y garantizar que este esté bien aireado para el crecimiento óptimo de las raíces y el movimiento de agua por lo que agricultores han utilizados el sistema de bancos. No debe sembrarse en pendientes mayores de 5° ya que ocurren problemas de y de acceso de maquinaria. El pH óptimo es de 5.5 ligeramente ácidos (Conjunto Tecnológico, 1984; Gandía y Samuels, 1958; Mite et al. 2009).

2.10 Eficiencia Uso de Agua:

La alta eficiencia del uso de agua se debe a varios factores tanto morfológicos, anatómicos como fisiológicos. Esto depende grandemente de la relación entre la proporción CO₂ y la tasa de transpiración, que a su vez está influenciada por el gradiente de la presión de vapor entre los espacios intercelulares (Hslao y Acevedo, 1974). Las hojas de la piña están en forma de espiral debidamente orientada formando una roseta ayudando al almacenamiento de agua de lluvia y del

rocío por las mañanas. Los tricomas localizados en ambos lados (axial y abaxial), la cutícula y la hipodermis multicelular son algunas estructuras que ayudan a aumentar la eficiencia de utilización de agua. El tejido parenquimatoso ayuda a almacenar agua, y puede ocupar hasta la mitad del volumen de la hoja. Cuando la planta entra en un estrés hídrico la hoja se torna más fina porque la planta utiliza el agua almacenada en estos tejidos (Ekern, 1965). Las tricomas tienen como función el reflejar la luz ayudando a bajar la transpiración. Gracias a estas estructuras la evapotranspiración es baja.

2.11 Evapotranspiración y Estrés de Agua:

El estrés hídrico afecta muchos parámetros y procesos de la planta incluyendo hasta el rendimiento en casos severos (Hslao y Acevedo, 1974). Azevedo et al. (2007) estudiaron la evapotranspiración del cultivo durante las etapas fenológicas, el encontró una evapotranspiración de 4.6 mm/día para la etapa de crecimiento vegetativo y 3.5 mm/día durante la cosecha del fruto. Durante el desarrollo del fruto la evapotranspiración alcanza 1.3 mm/día nublado y de 2.77 mm en un día soleado (Malezieux, et al., 2003). Ekern (1965) investigó la evapotranspiración de la piña en Hawái y encontró que para el mediodía la piña suspende el intercambio de vapor de agua. También encontró que el control de transpiración está directamente asociado a la fisiología de la planta y que la restricción de pérdida de agua fue cumplida a pesar de tener un índice de área foliar cerca de 6. En ese mismo estudio Ekern (1965) determinó que durante el verano la transpiración es más alta que en invierno con un promedio de 0.83 mm/día. Durante estrés hídrico la planta desacelera su crecimiento y cierra sus estomas reduciendo la pérdida de agua y la entrada de CO₂ (Hslao y Acevedo, 1974).

Durante épocas secas en donde el estrés hídrico es significativo, el ancho de las hojas jóvenes y la tasa de emergencia pudieran ser reducidas (Py, 1965). En Hawaii se encontró que cuando la humedad en el suelo es menos de 30 a 35%, el área de las hojas disminuye (Ekern, 1965). También en sequía extrema el color de las hojas es verde oscuro a verde pálido luego a un pálido amarillo hasta llegar a rojo (Malezieux et al., 2003). En etapas más desarrolladas el margen de la hoja se enrolla y pierde turgencia hasta que el crecimiento es detenido (Py et al, 1987). Estos aspectos físicos que presenta la planta a causa de sequía extrema es reversible siempre y cuando la planta se vuelva a hidratar. También en lugares en donde llueve menos de 5 cm al mes, el ciclo del cultivo se alarga y los rendimientos pudieran afectarse (Hepton, 2003).

Debido a que la planta es resistente a sequía, la distribución geográfica es variada. En lugares sin riego suplementado se ha encontrado que los rendimientos son proporcionales a la magnitud del estrés hídrico, por lo que en distintas localidades los rendimientos serán diferentes (Foote, 1995; Black, 1962, citado en Bartholomew et al., 2003; Ekern, 1965; Py, 1987). Si en una localidad las lluvias están bien distribuidas no es necesario implementar un sistema de irrigación.

2.12 Irrigación:

La irrigación es esencial para evitar afectar los rendimientos cuando la lluvia es irregular y las estaciones secas son prolongadas. Aunque la irrigación es una inversión inicial alta está puede ayudar al agricultor a maximizar sus ganancia aumentando los rendimientos. Según la FAO 6.0 cm al mes de agua son suficientes para el crecimiento óptimo de la planta sin embargo Hepton (2003), Azevedo (2007) y Py, et al., (1987) indica que 5 cm al mes son suficientes.

Se han empleado dos clases de irrigación en plantaciones de piñas alrededor del mundo, riego aéreo y riego por goteo. El riego por goteo es el más eficiente. (Molden et al., 2009) En

este, el agua es aplicada lentamente a la superficie del suelo a través de pequeños orificios. La cantidad de agua descargada por hora es de aproximadamente de 1.9 a 7.5 litros por cada emisor. La rapidez de descarga del agua dependerá de la presión que se ejerza; si se utiliza el automatizado, o si se utiliza por gravedad, depende de la pendiente en donde se encuentre.

La aplicación de fertilizante es otro de los beneficios que tiene el riego por goteo y se le llama fertigación o fertiriego. El beneficio de suministrar los fertilizantes como también pesticidas por el sistema de goteo es que va directo a la planta (Schneider et al., 1995). También el utilizar fertilizantes por este sistema beneficia en la cantidad, frecuencia y eficiencia del fertilizante a la misma vez que se disminuye el riesgo de contaminación. Por otro lado, el uso frecuente conlleva a que baje las concentraciones de la solución al suelo, lo que hace posible la utilización de agua con un contenido en sales más elevado que con los otros métodos (Santos et al., 2010). La irrigación de agua con alto contenido de cloro afectará rendimientos como calidad de la frutas de piñas (Álvarez y Carracedo, 1995). Hay que conocer el contenido de agua de irrigación que se aplique al cultivo como también el pH La eficiencia de la fertigación dependerá grandemente de la reacción que tenga la relación fertilizante-suelo (Hepton, 2003), además del tipo de cultivo, calidad de agua y tipo de fertilizante entre otros (Biswas, 2010).

Las ventajas son: puedes sincronizar la aplicación de agua con la fertilización del cultivo cuando la planta lo necesite, el agricultor puede ahorrar los costos de fertilización, dirigir exactamente a las raíces para la rápida absorción, reducción en mano de obra, eficiencia y uniformidad (Biswas, 2010).

2.13 Nutrición y Abonamiento:

La piña es un cultivo que extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo especialmente nitrógeno y potasio y en menor cantidad fósforo. Normalmente los requisitos nutricionales sobrepasan la cantidad que el suelo puede suplir al cultivo y es por esta razón que hay que fertilizar y garantizar el desarrollo óptimo. Varios autores estudiaron la extracción de nutrientes del suelo y los valores fluctúan desde los 60 kg/ha hasta los 355 kg/ha de N, desde 8 kg/ha hasta 53 kg/ha de P y de 151 kg/ha hasta 1,257 kg/ha de K (Souza et al., 2006). La cantidad de abono a utilizarse depende de la variedad, densidad de siembra, condiciones climáticas, fertilidad del suelo, agua, y características químicas y físicas del suelo (Conjunto Tecnológico, 1984). Py et al., (1987) estudió las cantidades de extracción de nutrientes por parte de una tonelada de fruta, estas son: 0.75-0.80 kg N; 0.15 kg/ha P_2O_5 y de 2-2.6 kg K_2O . El estatus nutricional tiene una influencia directa en el crecimiento, desarrollo de la planta y calidad del fruto (Ramos et al., 2009).

2.13.1 Nitrógeno

El nitrógeno es el segundo elemento que la planta requiere en mayor cantidad después del potasio el cual es importante para la productividad y calidad. Investigaciones arrojaron que a mayor niveles de N la acidez y ácido ascórbico disminuye poniéndose oscura la pulpa de la fruta. Niveles óptimos de este nutriente en el suelo son cerca de los 27 ppm y en el tejido de la hoja 'D' alrededor de 1.5 a 1.7% (Dalldorf et al., 1978 citado por Malezieux y Bartholomew., (2003); Pinon, 1981, Malavolta, 1982 y Lacoeuilhe, 1984 citado por Souza, 2002). Deficiencias de N causa clorosis de las hojas jóvenes, en casos severos la planta no produce fruta (Betancourt et al., 2005, Cibes y Samuels, 1958).

2.13.2 Fósforo

La piña requiere fósforo en menor cantidad. Los niveles óptimos en el suelo son de 20 ppm y la cantidad óptima en la hoja 'D' es de 0.08 % (Py et al., 1987; Malezieux y Bartholomew, 2003). Algunas deficiencia visuales son: hojas oscuras, hojas secas desde la punta y en las hojas más viejas una apariencia rojiza (Malezieux al., 2003; Cibes y Samuels, 1958). La mayoría de las veces los agricultores confunden los síntomas de deficiencia en P con enfermedades que tienen síntomas parecidos.

2.13.3 Potasio

El potasio es el elemento que la planta de piña requiere en mayor cantidad. Los niveles óptimos en el suelo son de 150 ppm y en el tejido son de 2 a 3% (Malezieux et al., 2003). Entre los síntomas de deficiencia están: secado de las puntas de las hojas y puntos necróticos desde las hojas más vejas a las más jóvenes. Los frutos son pequeños y de baja calidad (Cibes y Samuels, 1958).

2.13.4 Magnesio

El magnesio es el tercer elemento que la planta de piña requiere en mayor cantidad. El nivel óptimo en el suelo es de 50 ppm y en el tejido de 0.015%. La deficiencia se refleja como amarillamiento de las hojas viejass, puntos amarillos y hasta tornarse color marrón en condiciones severas de deficiencia. La fruta carece de acidez y azúcares solubles (Souza et al., 2006).

2.13.5 Abonamiento

Cuando el suelo no puede suplir las cantidades necesarias para el crecimiento óptimo de la planta usualmente se fertiliza. Los fertilizantes son aplicados mayormente al suelo, sin embargo

la piña puede absorber nutrientes por las hojas y por las raíces adventicias en la base de las hojas. Los nutrientes aplicados de forma foliar son: N, P, K, Fe, Cu, Zn y B (Malezieux et al, 2003). Se ha encontrado que prácticas combinadas mejoran significativamente el rendimiento (Conjunto Tecnológico, 1984). Los requerimientos de N y K para los primeros 4 meses de la siembra son bajos. Luego los requerimientos aumentan hasta la inducción de la florecida. Estudios hechos por Lacoeuilhe (1978) indicaron que el contenido de N y K luego de la florecida hasta la cosecha se mantienen constantes (Malezieux et al, 2003). No se recomienda aplicar N y K después de la inducción por factores tales como: no hay respuesta en el cultivo por lo que se estará sobre aplicando fertilizantes, el fruto es sensible a la aplicación de N y pueden ocurrir malformaciones por la aspersión directa al fruto. Todos estos factores tienen un efecto negativo en el rendimiento.

Las fuentes de N son en forma de urea o sulfato de amonio. La fuente de K es en sulfato de potasio porque el cloro es un elemento tóxico para la fruta. La fuente de P podría ser superfosfato sencillo o triple, fosfato diamónico como también ácido sulfúrico. La fuente de Mg en sulfato de magnesio (sal de higuera) que contiene 17% MgO y puede ser combinado con la potasa (Sulpomag, 22% K₂O y 18% MgO). Los micronutrientes se aplican como sulfato de hierro, zinc y bóraxIII.

3 OBJETIVOS

- Determinar la producción y rendimientos de piñas bajo diferentes métodos de fertilización: fertilizante de liberación controlada, fertigración y aspersiones foliares.
- Determinar la repuesta del cultivo de piñas con y sin aplicación de riego por goteo.
- Determinar los contenidos nutricionales de la hoja para cada una de las prácticas de fertilización y manejo de agua.
- Evaluar la eficacia de las recomendaciones de fertilización publicada en el Conjunto Tecnológico (1984) de P.R.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembraron dos variedades de piña *Ananas comosus* (L.) Merr, la variedad ‘Cabezona’ en la Estación Experimental Agrícola Subestación de Lajas y el híbrido ‘MD-2 del Monte’ en la Estación Experimental Agrícola Subestación de Isabela. El material de propagación utilizado en Isabela provino de la compañía “Atenas Pineapple” y en el caso de Lajas de un agricultor local. El diseño del experimento fue en bloques completos aleatorizados los cuales se bloquearon por tamaño de semilla con 5 tratamientos y 4 repeticiones. El bloque Bloque 1 contiene el material de propagación de tamaño grande (>0.4 kg), el 2 y 3 son medianos (0.2-0.4kg) y el 4 pequeños (<0.2kg). Para controlar la tasa de error los datos se tomaron en la hilera del medio de cada parcela, cada parcela tiene dos bordes. Los tratamientos fueron aplicados desde los dos meses luego de la siembra hasta el momento de la inducción de la florecida. Los tratamientos (TRT) utilizados se desglosan en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos (TRT) utilizados en las dos localidades.

TRT	Descripción
1	Testigo o Control- Abono granulado a razón de 896 kg/ha de 12-6-10-3 aplicados a los 2, 5 y 9 meses dds sin riego.
2	Abono base a razón de 150-150-120-45 de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O y MgO kg/ha, respectivamente más 20 aspersiones foliares de 50 kg/ha de urea y sulfato de potasio cada tres semanas.
3	Abono base a razón de 150-150-120-45 de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O y MgO kg/ha, respectivamente más 20 aspersiones foliares de 50 kg/ha de urea y sulfato de potasio cada tres semanas con riego por goteo semanal.
4	Abono base a razón de 150-150-120-45 kg/ha de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O y MgO, respectivamente en adición las cantidades de nutrientes aplicados por aspersiones foliares del tratamiento 3 (50 kg/ha de urea y sulfato de potasio) sustituidos por el método de fertigración cada 3 semanas y riego semanal.
5	Abono liberación controlada- Abono base a razón de 150-150-120-45 kg/ha de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O y MgO, respectivamente utilizando urea protegida como fuente de N de liberación controlada y 50 kg/ha de urea protegida y sulfato de potasio cada 6 meses aplicados al suelo.

4.1 Experimento en Lajas:

Se sembró el cultivar ‘Cabezona’ el 8 de marzo del 2010 en bancos con hileras sencillas de 6.10 metros (m) de largo y 0.91 m de anchos con una densidad de siembra de 17,943 plantas/ha. El suelo corresponde a la serie Mariana del Orden Ultisol (Typic Haplohumults) (Beinroth et al., 2003), son suelos rocosos con una pendiente no mayor de 15°, la capacidad de retención de agua es buena, drenaje es lento, permeabilidad moderada y pH entre 4.5 a 5 (USDA-NRCS, 2008). El contenido de materia orgánica es moderada y la fertilidad del suelo es baja a moderada. Se hizo análisis de suelo antes de la siembra (Tabla 2). El pH estaba alrededor de los 5.5, sin embargo el P disponible es bajo y es por esta razón que se aplicó carbonato calizo a razón de 1.5 ton/ha antes de la siembra y a los 12 meses después de la siembra para subir el pH y así hacer mas disponible el P a la planta. A los 9 meses dds se hizo una aplicación de P por mostrar síntomas de deficiencias de 50 kg/ha. La precipitación total durante el ciclo de producción fue de 2,794 mm (en 20 meses) y la temperatura anual promedio es de 31°C. La inducción de floración se hizo el 21 de junio del 2011 a los 15 meses (463 días) dds con Ethephon a razón de 3.22 L/ha en un tanque con 378 L de agua. La cosecha se realizó el 27 de noviembre del 2011, entre los 602 a 619 días (20 meses) dds.

4.2 Experimento en Isabela:

Se sembró el híbrido ‘MD-2’ el 29 marzo del 2010 en bancos de hileras dobles de 5.5 m de largos con 0.31 m entre plantas, 0.40 m entre la doble hilera y 1.2 m entre sistemas de doble hilera para una densidad de siembra de 40,617 plantas/ha. El suelo corresponde a la serie Coto del Orden Oxisol (Typic Eustrtox), son suelos rojizos, profundos con buen drenaje, permeabilidad es moderada, ligeramente ácida y arcillosa (USDA-NRCS, 1982). El análisis de

suelo del área de experimento está desglosado en la Tabla 1. La precipitación total durante el ciclo de producción es de 2,671.83 mm (en 16 meses) y la temperatura promedio es de 29°C. La inducción de la florecida se hizo el 2 de febrero del 2011 a los 11 meses dds, por razones de tamaño de la planta y por la inducción natural de algunas plantas durante la estación de invierno. Se utilizó la misma dosis que en Lajas. La cosecha se realizó el 29 julio de 2011 a los 489 días dds (16 meses).

4.3 Irrigación y Aplicación de Fertilizantes:

Las aplicaciones foliares se hicieron con una bomba de espalda con aproximadamente 3.8 litros (L) a 7.5 L de agua dependiendo de la altura del cultivo (Figura 1). En Isabela el sistema de riego por goteo tiene como componentes básicos: estación de bombeo, filtro, reguladores de presión y de la descarga, válvulas, medidor del volumen del agua y tuberías pvc que son conectadas a los mangas de polietileno con emisores espaciados a 30 cm. En Lajas se utilizó el sistema de riego por goteo en donde el agua cae descargada por gravedad (Figura 2). En Isabela la fertigación se realizó por medio de un Dosatron® ajustado a una presión de 131 kPa (presión) para el tratamiento 4 y 12 PSI para el tratamiento 3. La diferencia en presión fue necesaria, ya que el tratamiento 4, el Dosatron® tiene que disolver los nutrientes disueltos en agua, para garantizar esta función se tuvo que aumentar a 131 kPa. Para saber cuánto regar semanal se evaluaron las descargas del sistema de riego por goteo en un tiempo de 30 minutos. Para esto se colocó 4 envases de agua alrededor del área del experimento.

Los tratamientos 3 y 4 (con riego) se regaron semanalmente cuando la lluvia no sobrepasó los 15 mm/semana. La precipitación por semana de la localidad de Lajas e Isabela se desglosa en las Figuras 3 y 4, respectivamente. La línea horizontal a los 15 mm de precipitación representa la

Tabla 2. Análisis de suelo antes de la siembra para cada localidad y a dos profundidades.

Localidad	Profundidad cm	pH	NTK ¹ %	NH ₃ NO ₃		P	Cmol/kg					
				ppm			K	Ca	Mg	Na	Al	CICE
Lajas	12	5.56	0.16	10	16	2	0.39	5.54	3.51	0.36	0.34	9.8
	30	5.47	0.14	7	14	0	0.27	4.88	2.89	0.38	2.22	8.42
Isabela	12	5.35	0.16	11	68	7	0.38	2.32	0.61	0.06	0.28	3.37
	30	5.4	0.16	9	61	7	0.32	2.38	0.6	0.06	0.18	3.36

1-NTK- Nitrógeno Tatal Kendall



Figura 1. Foto del suelo Serie Mariana, Orden Ultisol (Izquierda), Riego por goteo por gravedad con tanque para fertigación (Medio), Sistema de Riego (Derecha) en la Subestación de Lajas.



Figura 2. Aplicaciones foliares con bomba de espalda (Izquierda), Sistema de fertigación (Medio) y Sistema de riego (Derecha) en la Subestación de Isabela.

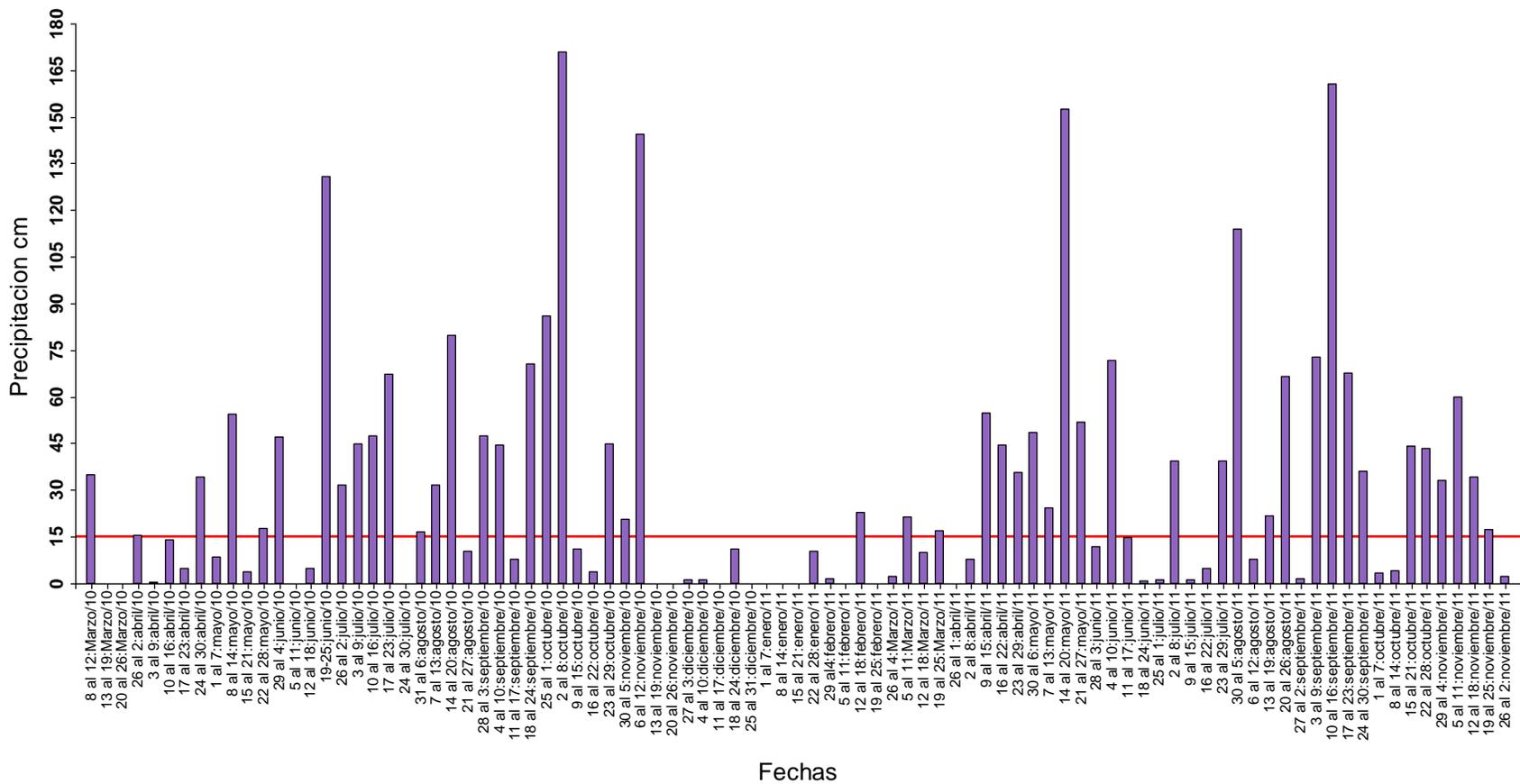


Figura 3. Datos de precipitación por semana durante el ciclo de producción de piña cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas (8/Marzo/2010- 26/Noviembre/2011).

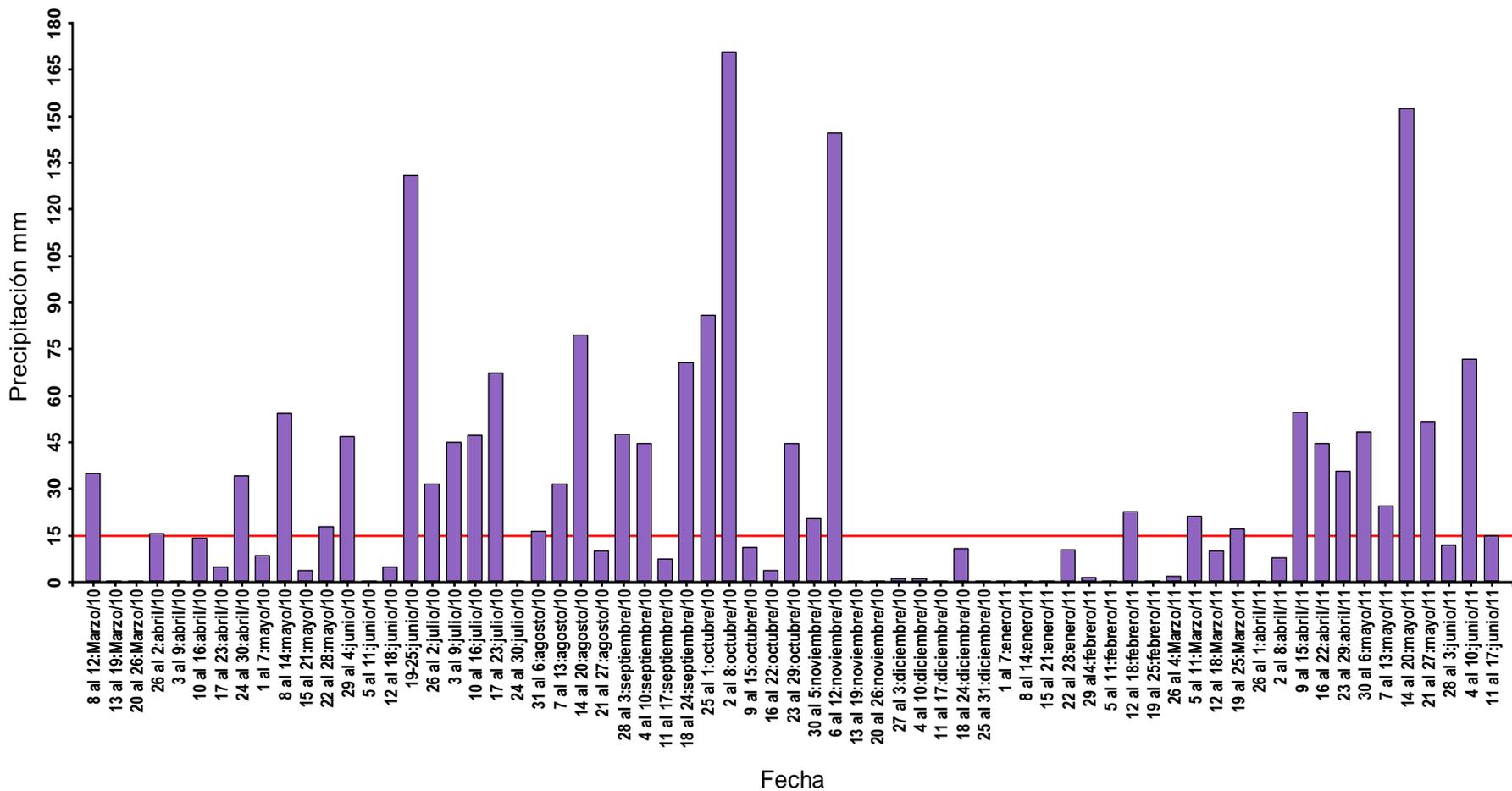


Figura 4. Datos de precipitación por semana durante el ciclo de producción de piña cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela (8/Marzo/2010- 17/Junio 2011).

cantidad mínima requerida del cultivo por semana. Si la barra no llega hasta dicha línea indica que en esa semana se regó a los tratamientos 3 y 4 hasta llegar a los 15 mm. Cuando se aplicó los nutrientes del tratamiento 4 (fertigación cada tres semanas) al tratamiento 3, se le aplicó riego para mantener a los dos con el mismo suministro de agua. Por esta razón, durante las semanas de dicha aplicación en donde la cantidad de precipitación sobrepasó el mínimo requerido, dichos tratamientos se regaron con menos de 113 litros de agua (0.02mm).

4.4 Control de plagas, enfermedades y malezas

Las semillas o hijos se desinfectaron con el fungicida Alliete WDG ® (Fosetyl Aluminium) a razón de 3.75 kg en 378 L de agua. Se preparó el terreno con dos pases de arado y dos de rastrillo para luego levantar los bancos. Se aplicó el herbicida pre-emergente Karmex® (Diuron) a razón 2.5 kg/ha y como post-emergente se utilizó Paraquat a razón de 1.5 L/ha y Fusilate® (Fluazifop) a razón de 0.8 L/ha en combinado con desyerbos mecánicos. Para el control de plagas (hongo *Phytophthora parasitica*) se aplicó Ridomil EC ® a razón de 0.23 L en 378 L de agua y Roundup® (glyphosate) para los alrededores del área del experimento y en Lajas para los primeros meses de siembra en los bordes.

4.5 Variables de la planta

Cada tres meses dds se tomaron datos para determinar el crecimiento y desarrollo de las plantas donde se escogieron 4 plantas por parcelas a las que se les realizó las medidas. La misma fueron: altura, número de hojas, diámetro de la planta como también %N en tejido de la hoja 'D'. Luego de la cosecha se arrancaron del suelo 3 plantas por parcelas las cuales se pesaron, con las raíces, con y sin hijos. Se tomó el número de hijos por planta por cada tratamiento. Las plantas se

trituraron, se secaron en un horno a 65°C por 96 horas para calcular el porcentaje (%) de humedad y materia seca como también análisis de nutrientes.

4.6 Variables Foliar

A los dos meses dds se tomaron muestras foliares (fecha en que se comenzaron las aplicaciones) para el análisis inicial del estatus nutricional en porcentaje de N, P y K. Luego de los 6 meses se comenzó el análisis de tejido cada 3 meses hasta la inducción de la florecida. Se tomó una muestra compuesta de la hoja 'D' de tres plantas de la hilera experimental (hilera del medio). Las muestras fueron enviadas al Laboratorio Central Analítico de la Estación Experimental Agrícola en Río Piedras. Se determinó las concentraciones de N en el tejido por medio del método Kjeldahl. Luego de la cosecha, tres plantas por parcelas experimentales fueron arrancadas del suelo, molidas y secadas a 60 °C por 96 horas para la determinación de materia seca y humedad. Luego se tomó una muestra compuesta para el análisis de la absorción del porcentaje de N, P y K, en el mismo laboratorio.

4.7 Variables de la fruta

Las frutas de piñas fueron cosechadas de la hilera experimental cuando la madurez de la fruta mostrara más de la mitad de color amarillo. Se determinó el peso y altura de la fruta con y sin hijos. El Brix (azúcares solubles) se tomó cuando la fruta alcanzó 100% de madurez en la base de la fruta. Se hizo una perforación y se extrajo una gota del jugo de la parte más interior de la fruta, dicha gota se puso en un refractómetro óptico de mano.

4.8 Análisis Estadístico

Se utilizó ANOVA en un diseño de bloques completos aleatorizados para las variables: fruto (altura con corona, altura sin corona, peso con corona, peso sin corona, número de hijos y Brix),

planta (peso con y sin hijos, número de hijos, peso de hijos, porcentaje humedad y materia seca) como también % de florecida a las tres semanas de su inducción y absorción de N, P y K. Las variables temporales (a través del tiempo) como: altura de la planta, número de hojas, diámetro y porcentaje de N en tejido de la hoja 'D' fueron analizadas como parcelas divididas con un diseño de bloques completos aleatorizados. Para las comparaciones entre medias se utilizó la prueba DMS Fisher como también pruebas de Contrastes. Para todas las pruebas estadísticas se utilizó un $\alpha = 0.05$ con el programa InfoStat.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Lajas:

5.1.1 *Análisis variables de la planta durante crecimiento vegetativo*

Los tratamientos (TRT) estudiados no afectaron significativamente la respuesta del crecimiento vegetativo como altura, número de hojas y diámetro del tallo (Tabla 3). Las plantas sometidas al TRT 5 (abono de liberación controlada) tiende a tener mayor altura, diámetro y número de hijos con un promedio de 62.69 cm, 7.03 cm y 22.92, respectivamente, aunque no es significativamente diferente de los demás tratamientos. El tratamiento con menor promedio de altura, diámetro y número de hojas durante todo el experimento lo fue el tratamiento 1 con 57.25 cm, 6.48 cm y 21.4, respectivamente. Una altura apropiada de la planta es esencial para una buena producción de frutos y es una de las variable utilizadas para predecir rendimientos (Bartholomew et al, 2003).

Hubo diferencias significativas entre los meses de muestreo para en altura y diámetro. Como se observa en la Tabla 3 hubo un rápido crecimiento vegetativo de los tres a seis meses dds con un incremento en altura de 19.63 cm en promedio, aumento que se espera que ocurra. El diámetro para los 3 y 9 meses aumento de 6.21 a 7.42 cm esto es de esperarse que que a medida que aumenta la altura se espera que aumente el diámetro. A los 9 meses el crecimiento se detuvo e incluso descendió 4.11 y 1.21 cm en altura y diámetro, respectivamente, en promedio para todos los grupos experimentales. Sin embargo para los 6 a 12 meses dds la altura se mantubo constante no siendo el caso de diámetro que aumentó 0.29 cm no siendo significativo entre las dos fechas. A los 15 meses la altura aumentó en promedio de 5.13 cm para un total de 66.3 cm, sin embargo no es significativamente diferente a los 6 (65.95 cm) y 9 (61.84 cm) meses dds

Tabla 3. Respuesta en crecimiento de la piña cv. ‘Cabezona’ a diferentes tratamientos y fechas de toma de datos.

Tratamientos	Altura	Diámetro	Número de hojas
	cm		
1	57.25 ± 17.33	6.48 ± 1.63	21.4 ± 5.77
2	60.51 ± 16.44	6.66 ± 1.30	22.7 ± 6.35
3	60.61 ± 14.59	6.76 ± 0.84	22.8 ± 3.61
4	60.51 ± 11.22	6.75 ± 0.89	22.3 ± 4.54
5	62.69 ± 14.74	7.03 ± 1.07	22.9 ± 5.05
Significancia	NS	NS	NS
Meses de muestreo			
3 (junio-2010)	46.32 ± 12.28 a	6.21 ± 4.17a	23.6 ± 4.17
6 (sept-2010)	65.95 ± 12.60 bc	7.42 ± 0.88b	22.7 ± 4.05
9 (dici-2010)	61.84 ± 12.73 bc	6.76 ± 0.95b	20.8 ± 4.17
12 (marzo-2011)	61.17 ± 13.18 b	7.05 ± 1.28b	21.6 ± 5.16
15 (junio- 2011)	66.30 ± 14.72 c	6.23 ± 1.33a	23.4 ± 7.15
Significancia	*	*	NS
Coeficiente de variación	13	10.03	16.2
Significancia de la interacción (TRT * Meses)	NS	NS	NS

LSD Fisher- Medias con letras distintas en la misma columnas indican diferencia significativa con un $\alpha \leq 0.05$.

* Significativo $\alpha \leq 0.05$

NS- No significativo

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertilización; TRT 5- Liberación controlada.

siembra. El diámetro a su vez disminuyó significativamente 0.83 cm. La mayor altura y diámetro reportada por Román-Paoli et al., (2009; datos no publicados) fue a los 12 meses dds con 70.3 y 6.9 cm. Los datos obtenidos en este experimento no se acercaron a altura reportados en otros estudios hechos en Puerto Rico con esta variedad. Ramírez y González (1983) encontraron que para una densidad de siembra de 17,645 plantas/ha (en un sistema de hilera sencilla) las plantas alcanzaron 112 cm de altura, 41.7 cm más de la altura mayor alcanzada en nuestro experimento. Es evidente, que en nuestro caso, la altura fue afectada, lo que se relaciona a disminución en rendimiento y puede estar afectada por factores ambientales y de enfermedades en donde más adelante se explicará.

Cuando ocurre el cese en crecimiento (6 a 9 meses) coincide con los meses de mayor actividad de lluvia durante el crecimiento vegetativo, alrededor de unos 254 mm para el mes de octubre del 2010. La siembra al contorno no impidió que se acumulara agua en los bancos provocando condiciones anaeróbicas en el suelo. Tales condiciones afectaron irreversiblemente las raíces, impidiendo su desarrollo tanto lateral como de profundidad. Las lluvias también causaron erosión en los bancos exponiendo las raíces al ambiente externo y daños mecánicos. Estas causas impidieron que la planta se desarrollara adecuadamente afectando tanto la altura, número de hojas y diámetro del tallo. También se encontró alta incidencias de plagas como la cochinilla (*Dysmicoccus brevipes* del Orden Hemiptera) lo que contribuyó a que los rendimientos se afectaran seriamente afectados. Aparentemente la plaga causó la enfermedad de Marchitez Roja, las hojas perdieron turgencia poniéndose débiles, de color verde se tornaron amarillo rojizo (Figura 5). El número de hojas y diámetro comenzaron a disminuir a partir los 9 meses. Más adelante correlacionamos rendimientos con estas variables, ya que varios autores han



Figura 5. Síntomas de la Marchitez Roja lo que aparenta ser provocada por el virus que transmite la cochinilla (*Dysemicoccus brevipes* Orden Hemiptera) en el cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.

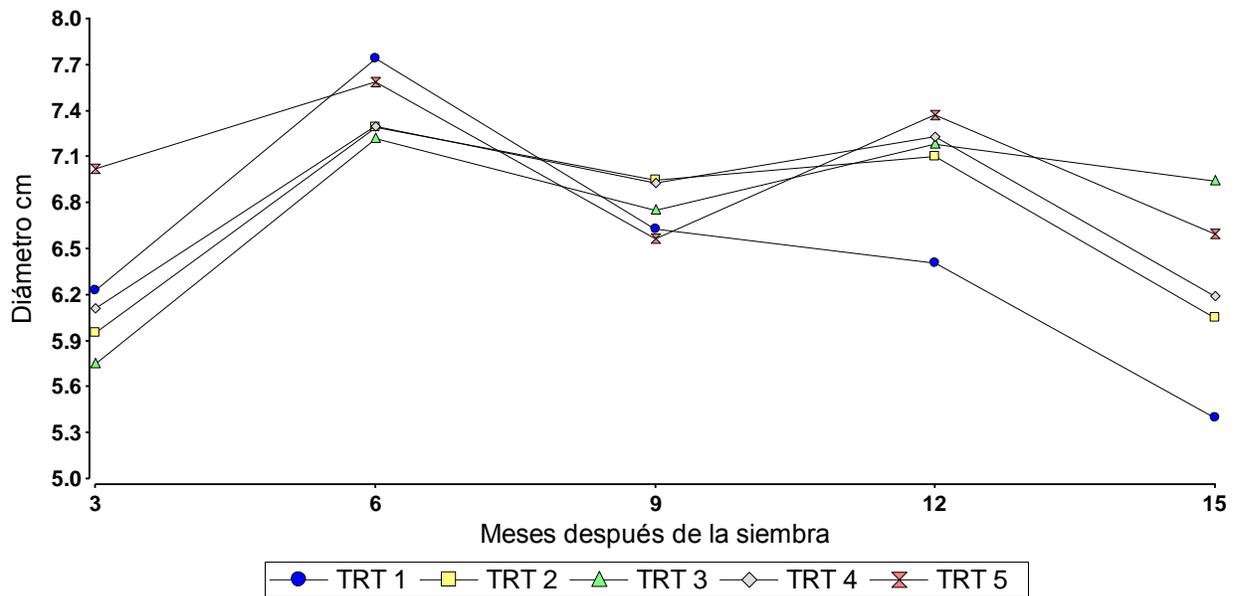


Figura 6. Gráfico de la tendencia del diámetro de la planta de piña cv. ‘Cabezona’ entre tratamientos y meses después de la siembra.

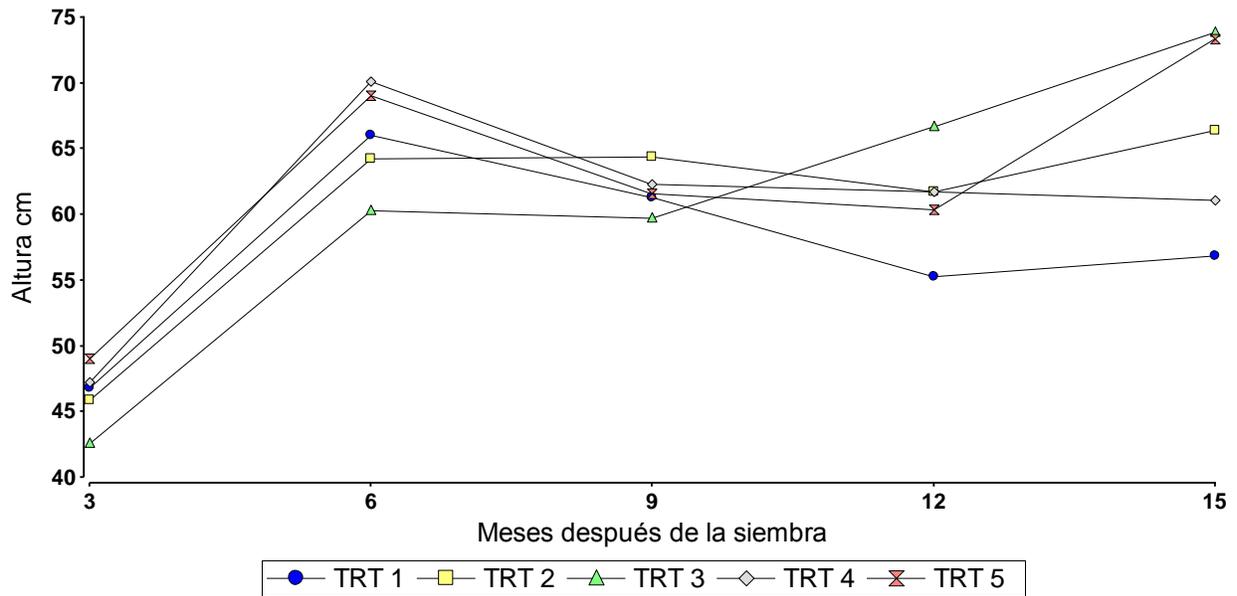


Figura 7. Gráfico de la tendencia de la altura de la planta de piña cv. ‘Cabezona’ entre tratamientos y meses después de la siembra.

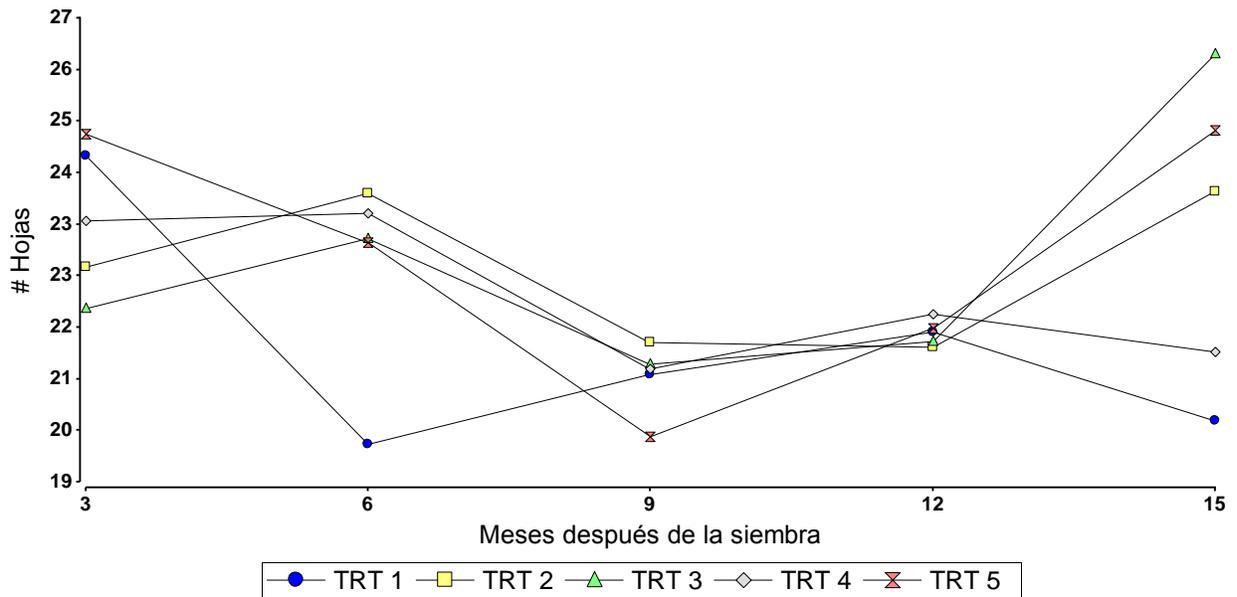


Figura 8. Gráfico de la tendencia del número de hojas de las planta cv. ‘Cabezona’ de piña entre tratamientos y meses después de la siembra.

correlacionado el estatus nutricional y el área fotosintética como las variables dependientes en rendimientos (Malezieux et al, en Bartholomew, 2003; Py, 1987; Gandía y Samuels, 1958).

Los análisis de contrastes no mostraron diferencias entre grupos de tratamientos. El análisis de correlación demostró la relación positiva entre variables de crecimiento. En la Figura 9 se observa la correlación entre número de hojas y diámetro, en la Figura 10 la correlación entre diámetro y altura y la Figura 11 número de hojas y altura. Dichos resultados no mostraron una correlación fuerte ($r > 0.75$). Estudios previos indican que estas variables proveen una idea de producción y tienden, en cierto modo, a ser proporcional al peso del fruto sin embargo no es directa la relación (Malezieux et al., 2003). Las variables analizadas mediante correlación nos brinda una posible predicción de los rendimientos (Bartholomew et al., 2003) que en nuestro estudio nos indica que los rendimientos pueden ser bajos. En la sección de analisis de fruto (5.1.3) se explica mejor este tema.

5.1.2 Análisis Foliar durante crecimiento vegetativo

Se encontró diferencia significativa entre tratamientos y el porcentaje de N en la hoja 'D' (Tabla 4). También se encontró una interacción significativa entre los meses después de las siembras (muestreos) y el porcentaje de N en tejido (Figura 12). En el primer muestreo (mayo 2010; antes del comienzo de las aplicaciones de los tratamientos), la media general del porcentaje N de la hoja 'D' fue de 0.79%, sin diferencia significativa, entre los tratamientos. El segundo muestreo (septiembre 2010) indica que la cantidad de N aumentó a una media general de 1.42%. Los TRT 2, 3, 4 y 5 no mostraron diferencias significativas alcanzando el máximo nivel de N en la hoja 'D' de 1.57%. Este valor está dentro del rango de valor óptimo en donde más adelante se explica. Para la misma fecha el TRT 1(testigo) mostró el nivel más bajo con

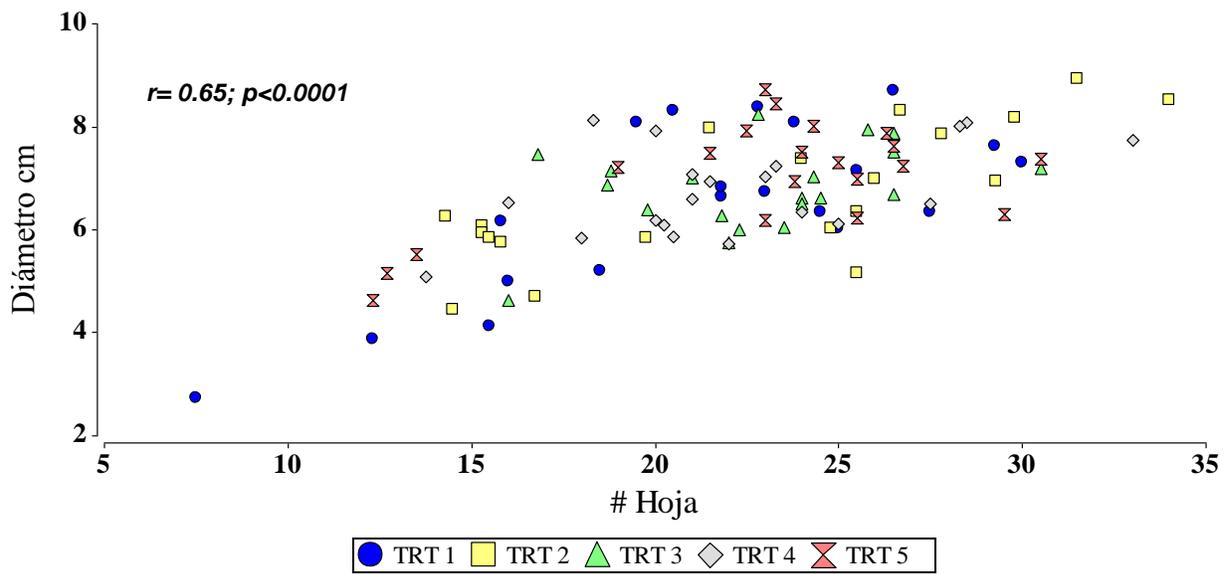


Figura 9. Correlación entre número de hojas y diámetro de plantas de piña cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.

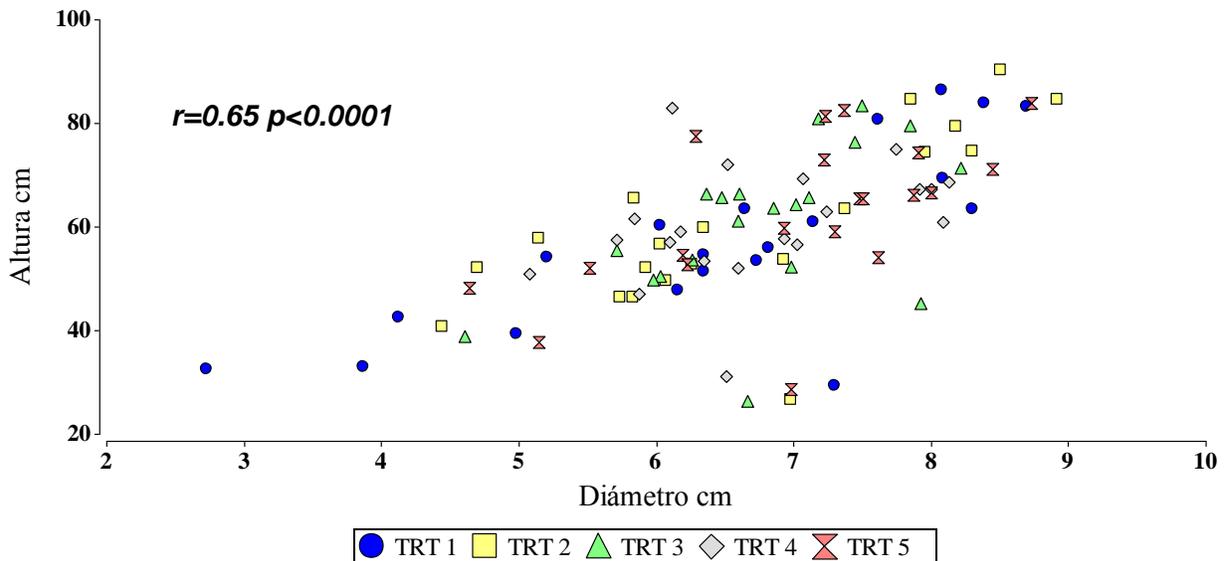


Figura 10. Gráfico de correlación entre diámetro y altura de plantas de piña cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.

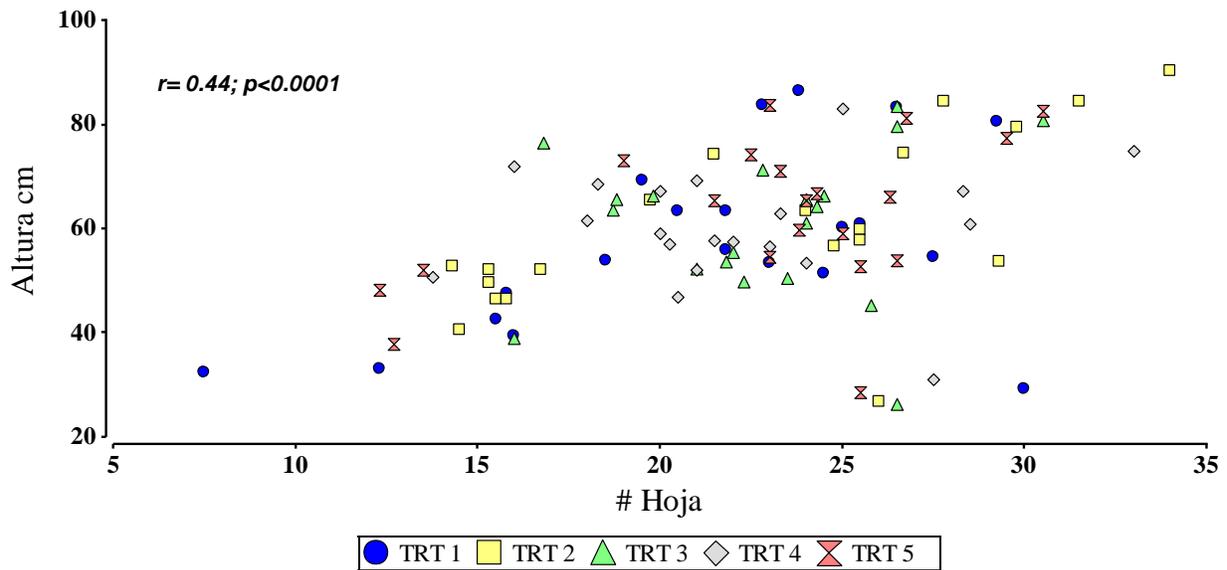


Figura 11. Gráfico correlación entre número de hoja y altura plantas de piña cv. ‘Cabezona’ la Subestación de Lajas.

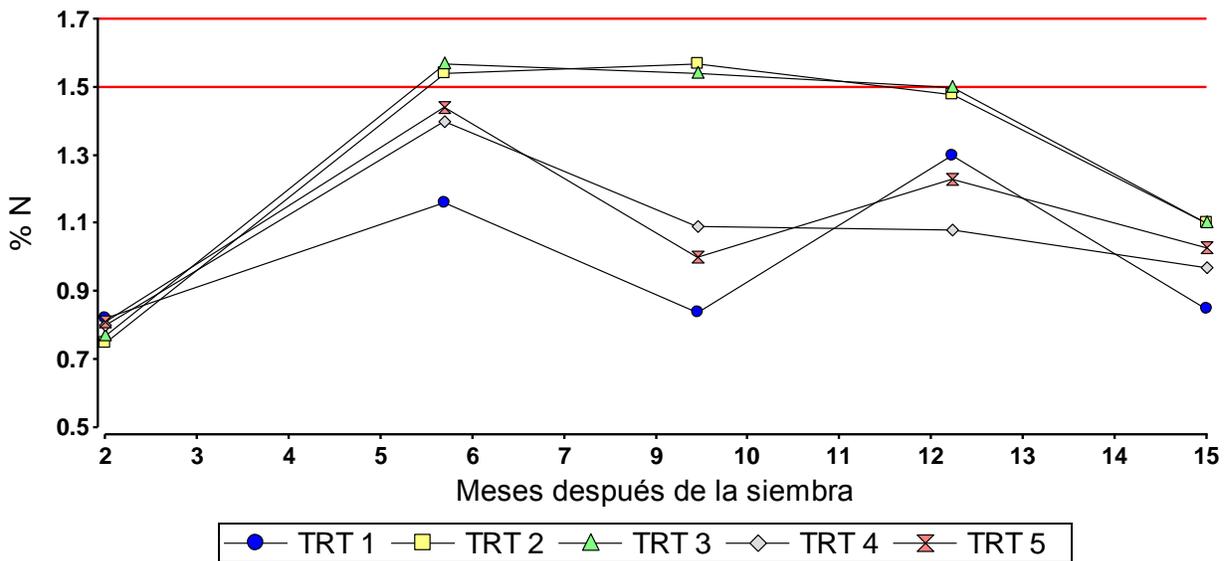


Figura 12. Gráfico de la tendencia en los efectos de los tratamientos en el porcentaje de N en la hoja ‘D’ de plantas de piñas cv. ‘Cabezona’ durante el crecimiento vegetativo con líneas horizontales indicando el rango de los valores óptimos.

Tabla 4. Respuesta en la concentración de N en la hoja ‘D’ de la piña ‘Cabezona’ a diferentes tratamientos y fechas de muestreos y contrastes de interés.

Tratamientos	%N
1	0.99 ± 0.28 a
2	1.29 ± 0.39 b
3	1.29 ± 0.40 b
4	1.07 ± 0.31 a
5	1.10 ± 0.35 a
Significancia	**
Meses después de la siembra	
2 (mayo-2010)	0.79 ± 0.27 a
6 (sept-2010)	1.42 ± 0.40 d
9 (dici-2010)	1.21 ± 0.34 c
12 (marzo-2011)	1.32 ± 0.21cd
15 (junio- 2011)	1.01 ± 0.15 b
Significancia	**
Coefficiente de variación	17.15
Significancia de la interacción (TRT * Meses)	*
Contrastes	
1	**
2	NS
3	**
4	**

LSD Fisher- Medias con letras distintas indican diferencia significativa con un $\alpha \leq 0.05$.

* Significativo $\alpha \leq 0.05$

** Significativo $\alpha \leq 0.01$

NS- No significativo

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5- Liberación controlada

Contraste 1- Comparación del grupo de tratamientos evaluados (TRT 2, 3, 4 y 5) con relación al testigo (TRT 1).

Contraste 2- Comparación del grupo de tratamientos con riego (TRT 3 y 4) y sin riego (TRT 2 y 5).

Contraste 3- Dentro del grupo de tratamientos con riego, comparación entre aspersiones (TRT 3) y fertigación (TRT 4).

Contraste 4- Dentro del grupo de tratamientos sin riego, comparación entre aspersiones (TRT 2) y liberación controlada (TRT 5).

1.16% siendo significativamente diferente a los demás. Para el tercer muestreo (diciembre 2010) la media general bajo a 1.21%. En este punto se puede observar diferencias significativas marcadas entre los TRT 2 y 3 con los TRT 1, 4 y 5. El nivel más alto en la concentración de N fue de 1.57%. Estos tratamientos se mantuvieron constantes durante los muestreos subsiguientes hasta los 12 meses. Para el cuarto muestreo (marzo 2011) el nivel no es significativamente diferente del tercer y quinto muestreo. Los TRT 3 y 2 no son significativamente diferentes entre sí alcanzando el máximo valor de 1.50%. En el grafico se observa que para los 12 meses los tratamientos 1, 4 y 5 no son significativamente diferentes con el nivel más bajo de N en la hoja 'D' de 1.08%. El último muestreo se hizo 15 meses dds (junio 2011) antes de la inducción de la florecida. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos con la mayor concentración de 1.10% y la menor de 0.85%.

Se observó una disminución de los 5 tratamientos después de los 12 meses, esto se puede deber a la alta infestación de la Marchitez Roja lo que provocó una posible disminución de absorción de nutrientes por la hoja y suelo. Como indica Py et al., (1987) factores que reducen el crecimiento de la planta a su vez reduce el estado nutricional. Aparte de la enfermedad, durante el mes de mayo (2011) hubo una gran precipitación con un total de 225 mm lo que volvió a provocar condiciones anaerobias en el suelo por el mal drenaje, entrando la planta en estrés. Según Bartholomew et al., (2003) la planta de piña es muy susceptible al bajo contenido de oxígeno en el suelo afectando así el desempeño de la planta. Las condiciones anaeróbicas y alta humedad en el suelo lo relacionan con la entrada de patógenos a las raíces como *Phytophthora parasítica* causante de la pudrición de raíces y del centro de la planta produciendo un olor característico (Rohrbach y Johnson, 2003) en Bartholomew, 2003; Zamora, 2006).

Los análisis de contrastes (Tabla 4) significativos fueron los contrastes 1, 3 y 4. El contraste uno demuestra que los TRT 2, 3, 4 y 5 mostraron mayor concentración de %N en tejido (con una media de 1.18%) que el TRT 1 (con media de 0.99%). Esto se debe a que no se aplicó la misma cantidad de N, ya que en el TRT 1 se aplicó un total de 107 kg/ha de N y los otros tratamientos un total de 610 kg/ha de N. Py et al, (1987) y Cibes y Samuels, (1958) indican que la concentración de N en el tejido va en función de la cantidad de fertilizante como la frecuencia de aplicación, justificando la razón por la cual el porcentaje de N del TRT 1 (testigo) se mantuvo por debajo de los demás. El contraste tres compara el tratamiento con aspersiones foliares (TRT 3 con riego) y fertigración (TRT 4), indicando que la aspersión es el mejor método con una media de 1.29% comparado con un 1.07%, respectivamente. Esta diferencia se debe que la efectividad de la fertigración es restringida a las condiciones del suelo, una mala retención de agua al suelo conlleva pérdidas de nutrientes por escorrentía, mientras que la absorción de nutrientes por las hojas está restringida solo por el estrés de la planta (en nuestro caso). El contraste cuatro compara, dentro del grupo sin riego, el método de aspersión foliar (TRT 2) con el abono de liberación controlada (TRT 5), indicando que el TRT 2 es superior que el TRT 5 con 1.29% y 1.10%, respectivamente. El abono de liberación controlada no es significativamente controlado por la precipitación pero sí por la humedad (Shaviv, 2000). Durante los meses con lluvias repetitivas, poco normales, la humedad se mantiene constante en el suelo, y más en estos suelos que la retención de agua es alta y drenaje lento. Dando esto, el abono de liberación controlada se liberará a un ritmo acelerado provocando que se pierda y no sea aprovechado por la planta. La primera aplicación se hizo a los 2 meses dds (mayo 2010) para el segundo muestreo se observa que el porcentaje de N aumentó hasta 1.44%, confirmando la liberación del fertilizante. Para

noviembre del 2010 (8 meses dds) se hizo la segunda aplicación, sin embargo el porcentaje del N bajó a 1 habiéndose hecho la aplicación un mes antes del tercer muestreo (septiembre del 2010). Esta fecha coincide con la fecha de baja precipitación y por ende baja humedad del suelo, estando en la fase que denomina Shaviv (2002) como la fase lenta (fase en donde no ocurre liberación). Luego, para el cuarto muestreo (12 meses dds) la cantidad de N aumenta a 1.23%. En las aspersiones, como no son controladas por las condiciones del suelo, se puede observar una estabilidad durante los meses. Sin embargo esta estabilidad se terminó en el punto pico de la incidencia de la cochinilla (agente causal de la enfermedad de la Marchitez Roja, no corroborado). Según Rohrbach y Johnson (2003) esta enfermedad es una de las más devastadoras dentro de las enfermedades y su manejo tiene que hacerse desde el comienzo de la siembra con el control de las hormigas.

La cantidad adecuada del N en el tejido ronda 1.5 a 1.7% (Dalldorf et al., 1978 citado por Malezieux y Bartholomew., 2003; Pinon, 1981, Malavolta, 1982 y Lacoëuilhe, 1984 citado por Souza, 2002). Los tratamientos que llegaron a estos valores lo fueron: TRT 3 durante 6, 9 y 12 meses después de la siembra, siendo el mes 9 el de mayor concentración con una media de 1.57%; el TRT 2 durante 6 y 9 meses dds siendo el último mes el de mayor concentración con 1.57%. El abono de liberación controlada no llegó a alcanzar los niveles óptimos en la planta al igual que el tratamiento de fertigación y control. El último mes de muestreo (12 meses) ocurrió antes de la inducción de la florecida, momento en que se relaciona el estatus de la planta con los rendimientos (Py et al., 1987; Bartholomew et al., 2003). No se encontró correlaciones significativas entre altura de la planta, número de hojas y diámetro, con el porcentaje de N en la hoja 'D'.

5.1.3 Análisis de la Fruta

No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos con las variables: peso y altura del fruto (con y sin corona), peso y altura de la corona y Brix (Tabla 5). El tratamiento que tiende a tener mayor peso (Figura 13) y altura del fruto (con corona) como también peso de la corona es el TRT 5 con un promedio de 0.80 kg (14.40 TM/ha), 35.53 cm y 0.37 kg, respectivamente. El TRT 4 (fertigación) obtuvo el menor peso del fruto con un promedio 0.44 Kg (7.96 TM/ha). La calidad del fruto se midió en grados Brix, aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos se pudo observar que el TRT 1 obtuvo el mayor Brix con 12.67° en promedio y el de menor Brix de 9.39°.

Por las razones explicadas anteriormente (sección de análisis de planta) se concluye que por haber un pobre desarrollo de las raíces y planta los frutos obtuvieron un bajo desarrollo. Como nos indica Paull y Chen, (2003) frutas pequeñas son obtenidas a causa del bajo desarrollo de la planta al momento de la inducción de la florecida. Hepton (en Bartholomew et al., 2003) indica que si al momento de la inducción de la florecida la nutrición mineral es baja los rendimientos obtenidos también serán bajos. Como se observa en la Figura 12, al momento de la florecida (15 meses dds) las medias de N eran bajas, a esto se debe, en parte, a los resultados obtenidos.

El análisis de contrastes demostró que el peso de fruto y de corona tuvo diferencia significativa entre el grupo con riego (TRT 3 y 4) en comparación con el grupo sin riego (TRT 2 y 5). El grupo sin riego obtuvo coronas más pesadas con un promedio de 0.29 kg y frutos más pesadas con un promedio de 0.65 kg (11.04 TM/ha) en comparación al grupo con riego (TRT 3

Tabla 5. Respuesta a las variables del fruto bajo diferentes tratamientos en plantas de piñas cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.

Tratamiento	Peso fruto con corona	Peso fruto sin corona	Peso corona	Altura fruto con corona	Altura fruto sin corona	Altura corona	°Brix
	kg			cm			
1	0.55 ± 0.17	0.38 ± 0.07	0.80 ± 0.10	24.55 ± 6.39	8.04 ± 1.47	16.51 ± 5.08	12.67 ± 2.08
2	0.50 ± 0.14	0.28 ± 0.11	0.22 ± 0.14	25.61 ± 9.51	6.99 ± 1.64	18.63 ± 10.04	12.63 ± 2.93
3	0.44 ± 0.11	0.30 ± 0.06	0.14 ± 0.05	23.18 ± 5.56	6.62 ± 0.80	16.56 ± 4.83	12.28 ± 1.69
4	0.52 ± 0.11	0.34 ± 0.12	0.18 ± 0.08	28.51 ± 3.57	7.53 ± 0.95	20.98 ± 4.04	11.87 ± 0.19
5	0.80 ± 0.12	0.44 ± 0.18	0.37 ± 0.11	35.43 ± 4.83	8.26 ± 1.66	27.27 ± 4.83	9.39 ± 2.37
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NA

NS- No significativo

NA-Datos no cumplen con los supuestos de análisis de varianza.

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5 Liberación controlada

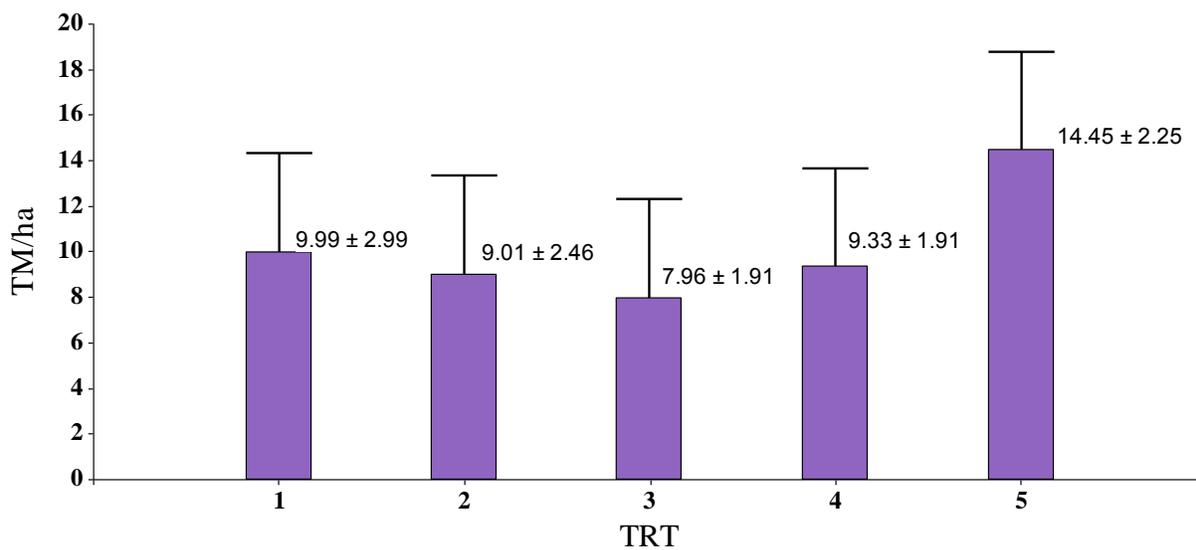


Figura 13. Rendimientos promedios (TM/ha) de la piña cv. ‘Cabezona’ bajo diferentes tratamientos en la Subestación de Lajas.

La línea arriba de cada barra indica la diferencia mínima significativa a un $\alpha \leq 0.05$.
Luego de cada media le sigue su desviación estándar.

y 4) con un promedio de peso de corona y fruto de 0.16 kg y 0.48 kg (8.61 TM/ha), respectivamente.

Se estudió el efecto de los tratamientos con las fechas de cosechas. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos y fechas de cosechas. Sin embargo si hubo diferencias significativas entre fechas de cosechas y peso del fruto. Hay una correlación negativa entre del mismo, indicando que el primer pase de cosecha (primera semana de cosecha) efectuado a los 135 días de la inducción de la florecida tiende a tener frutos más grandes con un promedio de 1.07 kg (Figura 14). Para la segunda semana el peso de frutos disminuyeron así hasta llegar al último pase de cosecha aproximadamente los 163 días después de la inducción de la florecida.

Estudios previos hechos por Román-Paoli et al., (2009; no publicado) indica que hubo diferencia significativas entre irrigación y no irrigación en la alturas de las frutas con un promedio de 23.6 y 20.6 cm, respectivamente. En el mismo estudio no se encontró diferencia significativas entre peso del fruto con corona, altura fruto sin corona y Brix con medias de 0.95 kg, 9.45 cm y 10.98°, respectivamente. La presente investigación y la hecha por Román-Paoli (2009; no publicado) no muestra el peso de fruta característicos de esta variedad. La variedad ‘Cabezona es una fruta triploide, lo que concede a la fruta un gran tamaño y peso (Ramírez y González, 1983). Diferentes autores citan la fruta de la variedad ‘Cabezona’ como una fruta con peso que fluctúa entre 3.6 a 6.8 kg y rendimientos de 42 TM/ha hasta 80 TM/ha y 68 TM/ha para densidades de siembra de 11,878 plantas/ha y 17,645 plantas/ha, respectivamente (Cibes y Samuels, 1958; Conjunto Tecnológico, 1984; Ramírez y González, 1983; Gandía y Samuels, 1958) y Brix de 11.73 (Ramírez y González 1983).

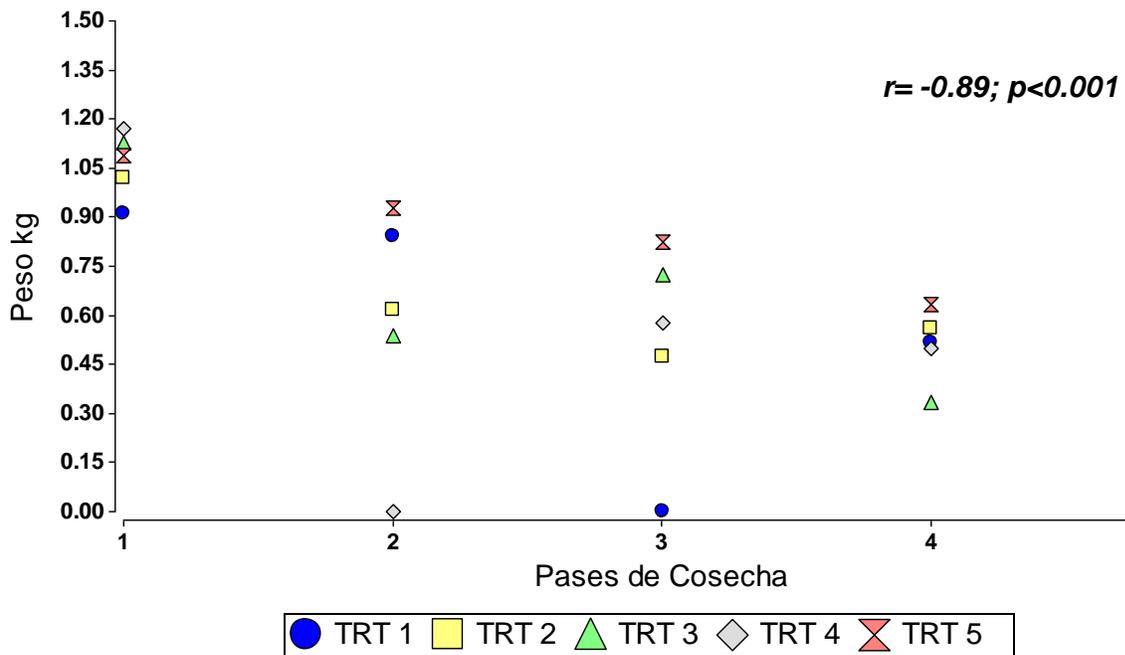


Figura 14. Gráfico de correlación entre pases de cosecha y peso de fruto en plantas de piñas cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.

Los rendimientos fueron seriamente afectados por las razones antes expuestas. La lluvia excesiva provocó que las raíces no se desarrollaran bien, la erosión del suelo expusieron las raíces al ataque de insectos, hongos, bacterias y a daños mecánicos y la plaga de la cochinilla que se cree que provocaron la enfermedad de Marchitez Roja. Estas razones provocaron un descenso en el desempeño de la planta. Durante el desarrollo del fruto las poblaciones de cochinilla aumentaron drásticamente, a tal punto que se encontraba en todo el predio. La razón de esto es que la cochinilla es trasladada por las hormigas y al estar el fruto en pleno crecimiento se dispersaron por todo el predio al ser atraídas por los azúcares de las piñas. La infestación fue tal magnitud que en cada una de las frutas cosechadas se encontraba grandes números de cochinillas en la parte basal de la fruta. Gandía y Samuels (1958) advierte que materiales de siembra proveniente de siembras con dicha plaga y enfermedad lo hace más propensa a cargarlas para el próximo ciclo de producción, afectando la siembra si no se toman medidas de control pre-siembra. Otras plagas observadas durante la cosecha lo fue la alevilla de la flor (*Batrachedra comosae*). Este es un insecto que se alimenta de las frutillas en desarrollo causando mal formación del fruto. También la larva de este insecto entra dentro del fruto provocando gomosis, la apariencia es de secreciones azucaradas en la corteza de la fruta (Zamora, 2006).

5.1.4 Análisis de la planta post-cosecha

El ANOVA mostró diferencias significativas entre los tratamientos para la variable del peso de la planta con hijos (Tabla 6). Entre los tratamientos 2, 3 y 5 no hubo diferencias significativas con el mayor peso de la planta de 1.56 kg en promedio. No se encontró diferencias significativas entre tratamientos para las variables: peso sin hijos, peso de hijos, número de hijos y porcentaje de humedad. Se observó que el tratamiento 5 obtuvo la media con mayor peso de hijos,

Tabla 6. Respuesta a las variables de la planta post-cosecha bajo diferentes tratamientos en plantas de piñas en cv. ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.

Tratamiento	Peso planta con hijos	Peso sin hijos	Peso hijos	# Hijos	Humedad
	kg				%
1	0.72 ± 0.50 a	0.53± 0.57	0.19± 0.30	0.42± 0.20	54.00± 3.61
2	1.13 ± 0.62 ab	1.10± 0.69	0.80± 0.13	0.33± 0.47	72.75± 2.06
3	1.24 ± 0.42 ab	0.94±0.50	0.30± 0.42	0.42± 0.42	74.25± 0.34
4	0.92± 0.25 a	0.87± 0.34	0.53± 0.11	0.17± 0.34	72.50± 2.52
5	1.57± 0.29 b	1.02± 0.38	0.55± 0.34	0.58± 0.32	77.25± 1.50
Significancia	*	NS	NS	NS	NA
Coefficiente de variación	32.56	53.11	104.72	105.37	23.74

LSD Fisher- Medias con letras distintas indican diferencia significativa con un $\alpha \leq 0.05$.

* Significativo $\alpha \leq 0.05$

NS- No significativo;

NA- Datos no cumplen con los supuestos de análisis de varianza.

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5- Liberación controlada

porcentaje de humedad y número de hijos con promedios de 0.55 kg, 77.25% y 0.58, respectivamente. El mayor peso de hijos obtenido fue del TRT 2 con de 0.56 kg sin embargo éste no es diferente a los demás tratamientos. Los porcentajes de humedad de la ‘Cabezona’ fueron menores (de 54 a 77%) a aquellos reportados para la variedad ‘Cayena Lisa’, los cuales fluctuaron entre 88 a 89 % en base a materia fresca (Nose et al., 1981).

En el análisis de contrastes se observó que no hubo diferencias significativas para peso sin hijos y número de hijos para ninguno de los contrastes (análisis no incluido). Los contrastes significativos fueron dos, para el peso de la planta y peso de hijo. El primer contraste indica que los tratamientos 2, 3, 4 y 5 produjeron mayor peso de la planta con hijos que el tratamiento testigo con un promedio de 1.22 kg. Para el segundo contraste significativo (contraste 4) se comparó los tratamientos sin riego (TRT 2 y 5). El análisis indicó que las plantas abonadas con liberación controlada (TRT 5) tiene mayor peso de hijos (0.55 kg). Se encontró una correlación positiva significativa entre altura y diámetro de la planta al momento de la inducción con el peso de la planta (Figura 15 y 16). Esta relación indica que a mayor altura y diámetro de la planta mayor es el peso de la planta. Aunque la correlación no es fuerte ($r > 0.75$) se demuestra una tendencia de lo que podría ocurrir en condiciones óptimas para el crecimiento del cultivo. Los rendimientos están relacionados al estatus de la planta al momento de la florecida por lo que la altura y diámetro podrían predecir la producción.

5.1.5 *Análisis de tejido post-cosecha*

En análisis estadístico indicó que hay diferencias significativas entre tratamientos con la concentración final de N, P y K después de efectuarse la cosecha (Tabla 7). Hubo tendencias parecidas en el comportamiento de los tres elementos. Las concentraciones más altas de los

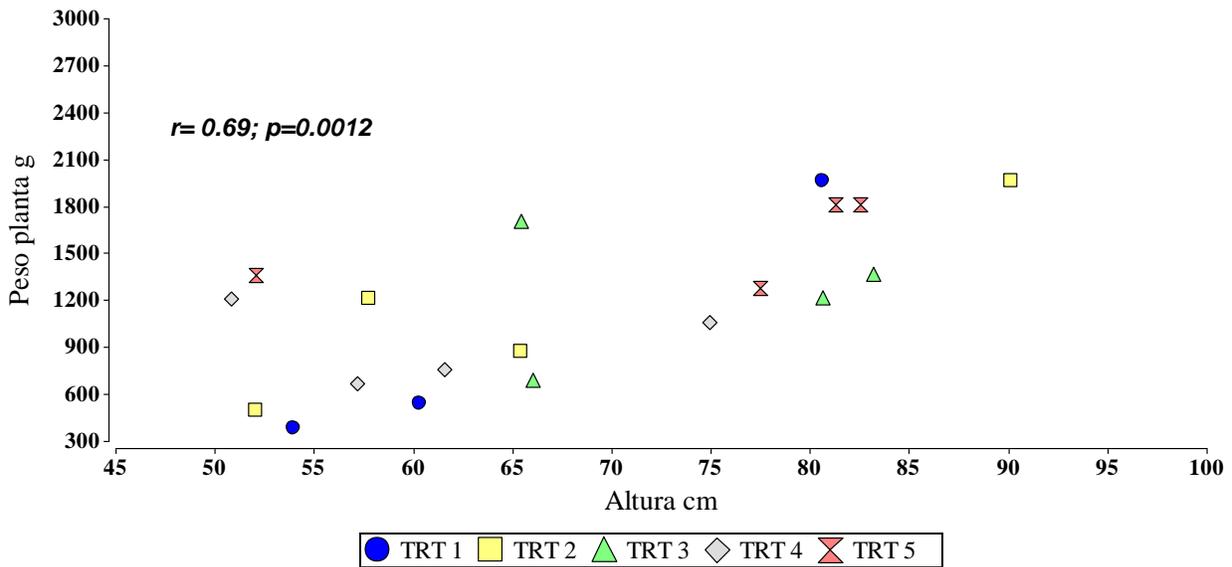


Figura 15. Gráfico de correlación entre peso de la planta y la altura medida a los 15 meses después de la siembra a plantas de piñas cv ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.

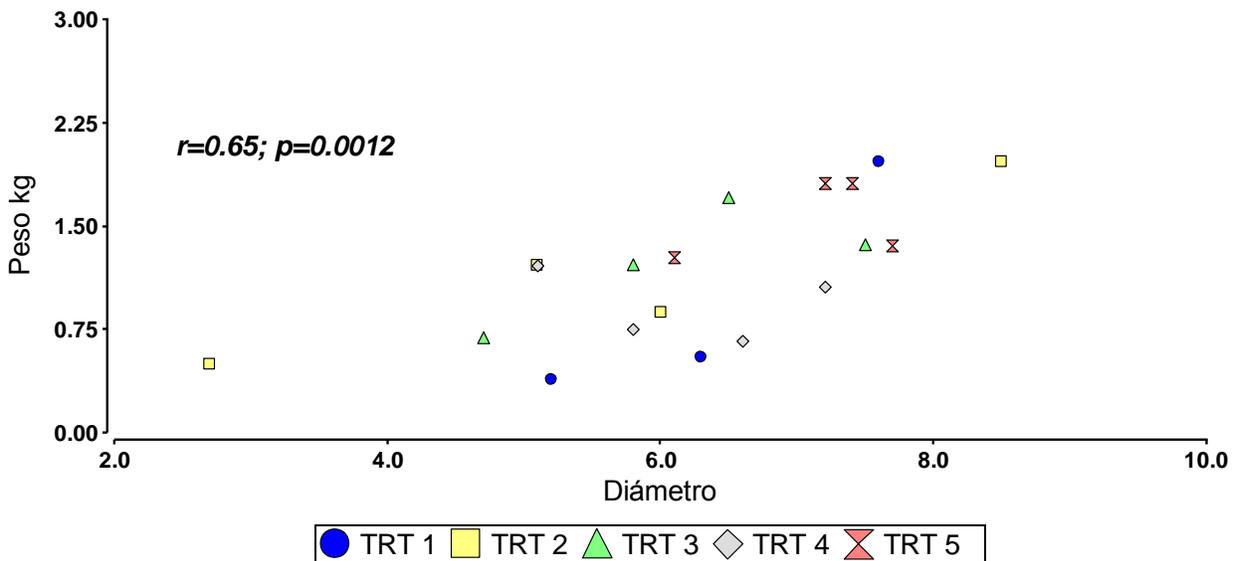


Figura 16. Gráfico de correlación entre diámetro y peso de la planta a los 15 meses después de la siembra a plantas de piñas cv ‘Cabezona’ en la Subestación de Lajas.

Tabla 7. Efectos de los tratamientos y contrastes de interés en el porcentaje de N-P-K post-cosecha del tejido foliar cv. ‘Cabezona’ en Lajas.

Tratamientos	N	P	K
1	0.78 ± 0.09 a	0.10± 0.03 ab	1.00± 0.20 a
2	0.85± 0.07 a	0.09± 0.02 a	1.21± 0.26 a
3	0.81± 0.04 a	0.08± 0.01 a	1.19± 0.33 a
4	0.81± 0.11 a	0.10± 0.03 ab	1.03± 0.20 a
5	1.04± 0.07 b	0.12± 0.04 b	1.79± 0.32 b
Significancia	**	*	**
Coefficiente de variación	6.79	17.28	17.95
Contrastes			
1	*	NS	NS
2	**	NS	**
3	NS	NS	NS
4	**	*	**

LSD Fisher- Medias con letras distintas indican diferencia significativa con un $\alpha \leq 0.05$.

* Significancia a un $\alpha \leq 0.05$

** Significancia a una $\alpha \leq 0.01$

NS- No significativo

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5- Liberación controlada.

Contraste 1- Comparación del grupo de tratamientos evaluados (TRT 2, 3, 4 y 5) con relación al testigo.

Contraste 2- Comparación del grupo de tratamientos con riego (TRT 3 y 4) y sin riego (TRT 2 y 5).

Contraste 3- Dentro del grupo de tratamientos con riego, comparación entre aspersiones (TRT 3) y fertigación (TRT 4).

Contraste 4- Dentro del grupo de tratamientos sin riego, comparación entre aspersiones (TRT 2) y liberación controlada (TRT 5).

porcientos de N, P y K fue el TRT 5 (abono liberación lenta) con 1.04%, 0.78% y 1.79% siendo significativamente diferente de los demás. El tratamiento con menor concentración de N fue el TRT 1 con 0.78% no siendo diferente significativamente del TRT 2, 3 y 4. El TRT 3 tuvo la menor concentración para P con 0.08% no siendo diferente a los TRT 1, 2 y 4. El TRT 1 presentó un menor promedio en la concentración de K con 1.00% no siendo significativamente diferente a los demás (TRT 2, 3 y 4). La razón del dominio del TRT 5 (liberación controlada) con las concentraciones se puede deber a que la última aplicación del tratamiento 5 se hizo 1 mes antes de la inducción de la florecida lo que hizo mantener un suplido en el suelo durante el desarrollo del fruto. El bajo contenido de P para el TRT 2 y 3 se debe a que las aspersiones fueron únicamente de N y K.

Análisis de contrastes enseñaron que hubo mayor concentración de N y K en los TRT 2, 3, 4 y 5 con un promedio de 0.88% y 1.3%, respectivamente comparando con el TRT 1 con 0.78% de N y 1.00% de K. Esto vuelve a recalcar que las recomendaciones de fertilización del Conjunto Tecnológico (1984) son bajas. El contrastes dos compara los tratamientos con riego y sin riego siendo significativos para N y K. Lo que esto indica que los tratamientos con riego obtuvieron un porcentaje de N y K de 0.81% y 1.11% menor que los TRT sin riego con 0.94% y 1.5%, respectivamente. Estos datos concuerdan con el estudio previo hecho por Román-Paoli (2009; no publicado) el cual indica que las medias de los tratamientos con riego tuvieron un N y K de 0.75% y 1.74% menor en comparación sin riego de 0.83% y 1.92% respectivamente. El último contraste significativo fue la comparación de aspersiones foliares con el abono de liberación controlada, lo que indica que el de liberación controlada obtuvo concentraciones mayor en los

tres elementos (1.04, 0.12 y 1.79 % de N, P y K) en comparación a las aspersiones foliares (0.85, 0.09 y 1.19 % de N, P y K).

El análisis de correlación entre estas variables indica que hay una correlación positiva entre porcentaje de K y N (Figura 17). En este caso, a medida que aumenta la concentración de N aumenta la de K. Esta relación es a lo contrario reportado por Cibes y Samuels (1958). El estudio dice que las concentraciones de los elementos N y K tienen efecto antagonista. Otros autores indican que después de la inducción de la florecida la planta deja de absorber nutrientes como N y P (Melezieux y Bartholomew, 2003), sin embargo lo observado fue que la planta sí pudo absorber parte de estos nutrientes.

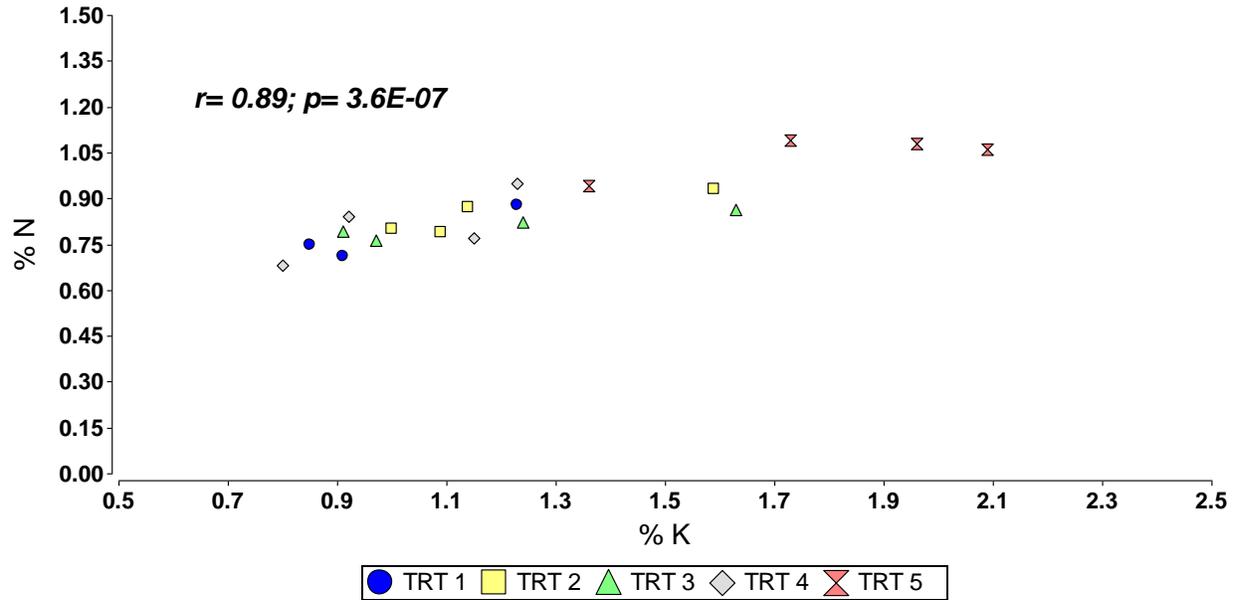


Figura 17. Gráfico de correlación entre el porcentaje de N y K en la planta de piña después de la cosecha en plantas de piñas cv. ‘Cabezona’.

5.2 Isabel

5.2.1 Análisis de variables de la planta durante crecimiento vegetativo

En el experimento se midieron variables de altura, diámetro y número de hojas durante el crecimiento vegetativo de la MD-2 hasta la inducción de la florecida alrededor de los 12 meses dds (Tabla 8). No se encontró diferencias significativas para la interacción entre tratamientos y fechas de muestreos. El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre tratamientos en altura de las plantas. Los tratamientos superiores son TRT 2, 3 y 5 con medias de 85.88, 87.11, y 83.53 cm, respectivamente, no siendo significativamente diferentes uno del otro. No hubo diferencias significativas para número de hojas y diámetro, siendo el TRT 3 el que obtuvo el mayor promedio de 36.63 y 8.31 cm, respectivamente. El tratamiento con menor altura, diámetro y número de hojas fue el TRT 1 con 72.71, 2.75 cm y 28.59.

Las tendencias en el número de hojas, diámetro y altura durante los meses dds se explican en las Figura 18, 19, y 20, respectivamente. La máxima cantidad de hojas fue alcanzada por las plantas sometidas al TRT 2 con un promedio de 40.08 hojas a los 9 meses dds (Figura 18). Se puede observar que a los 9 meses dds el número de hojas llegó a su nivel más alto con 36.63 en promedio bajando así para los 12 meses dds a 33.94 (Tabla 10). Cabrera et al., (2007) reportó 38.7 hojas en las plantas de MD-2 propagadas in vitro, Azevedo et al., (2007) reportó 43 hojas y Nose et al., (1981) reportó en Japón entre 23 a 28 hojas para la variedad 'Perola'. Las cifras reportadas por los pasados autores se acercan mucho a las obtenidas en este experimento. El tratamiento con mayor diámetro promedio es el TRT 3 (aspersiones con riego) con un promedio de 8.31 cm sin ser significativamente diferente de los TRT 3, 4 y 5. El TRT 1 obtuvo el menor

Tabla 8. Respuesta en variables medidas de la planta bajo diferentes tratamientos en cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.

Tratamientos	Altura	Diámetro	# Hojas
	cm		
1	72.71 ± 19.65 a	7.62 ± 1.11	28.59 ± 5.19
2	85.88 ± 25.03 b	8.27 ± 1.36	32.17 ± 7.71
3	87.11 ± 23.79 b	8.31 ± 1.52	32.45 ± 6.08
4	80.69 ± 22.29 ab	7.99 ± 1.20	30.31 ± 6.27
5	83.53 ± 23.51 b	7.97 ± 1.07	30.38 ± 6.53
Significancia	*	NS	NS
Meses de después de la siembra			
3 (junio-2010)	48.74 ± 4.55 a	9.61 ± 0.74 c	22.56 ± 2.01 a
6 (sept-2010)	80.36 ± 4.46 b	6.46 ± 0.33 a	30.01 ± 2.88 b
9 (dic-2010)	99.20 ± 14.14 c	7.95 ± 0.59 b	36.63 ± 4.61 d
12 (marzo-2010)	99.62 ± 11.81 c	8.11 ± 0.56 b	33.94 ± 4.31 c
Significancia	*	*	*
Significancia de la interacción (TRT * Fecha muestreo)	NS	NS	NS

LSD Fisher- Medias con letras distintas indican diferencia significativa con un $\alpha \leq 0.05$.

* Significativo a un $\alpha \leq 0.05$

NS- No significativo

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5- Liberación controlada

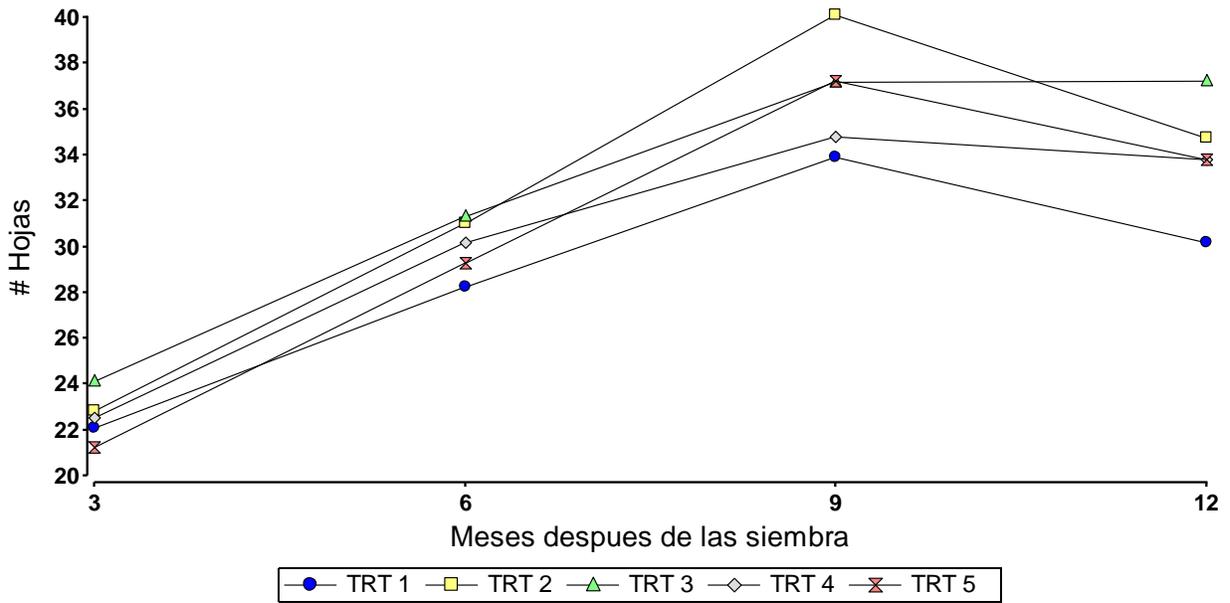


Figura 18. Gráfico del número de hojas durante los meses de crecimiento vegetativo de plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.

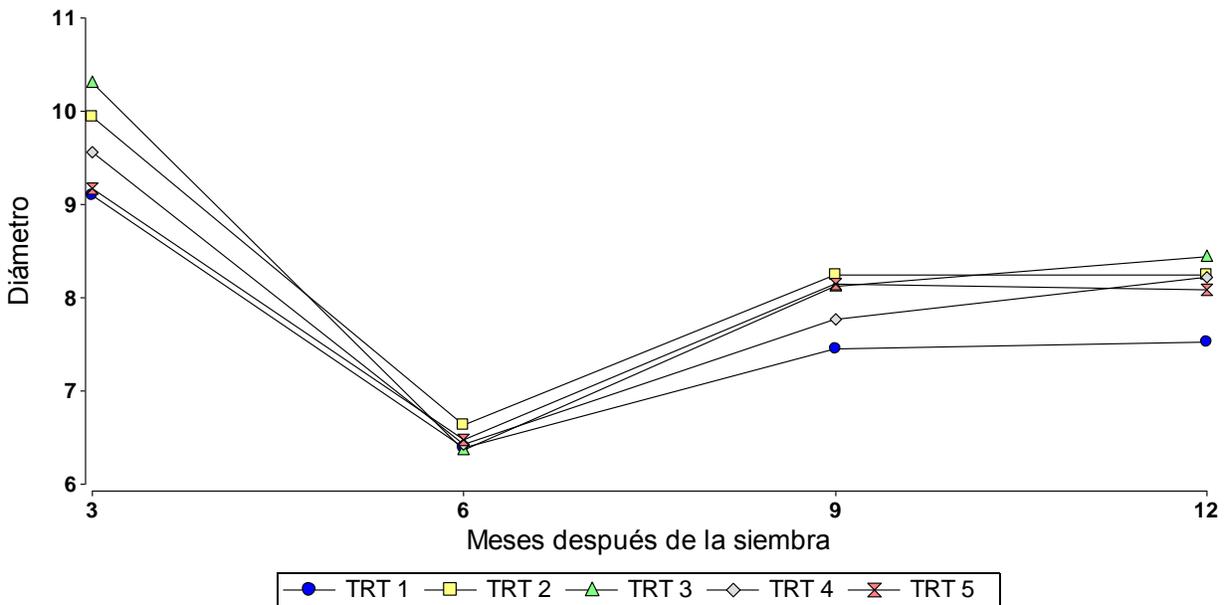


Figura 19. Gráfico del diámetro del tallo durante los meses de crecimiento vegetativo de plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.

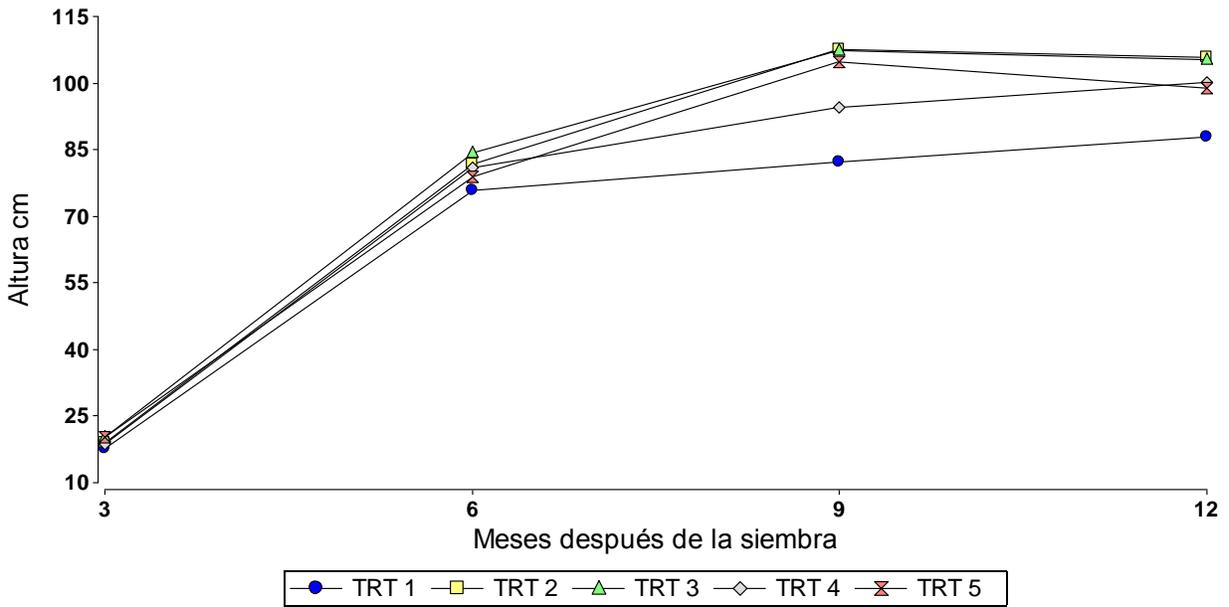


Figura 20. Gráfico de la altura durante los meses de crecimiento vegetativo de plantas de piñas cv. 'MD-2' en la Subestación de Isabela.

diámetro con 7.62 cm. El diámetro mayor alcanzado lo obtuvo el TRT 3 con 10.31 cm a los 3 meses. El diámetro decayó a los 6 meses dds ya que para esta fecha las hojas del material de propagación utilizado habían eliminado sus hojas iniciales causando que las plantas bajaran su diámetro. Luego de los 6 meses el diámetro fue aumentando hasta llegar a los 12 meses dds con un aumento de 1.65 cm para un diámetro final de 8.11 cm al momento de la inducción floral (Figura 19). Py et al., (1987) registró un diámetro de 7 cm.

El TRT 3 obtuvo la mayor altura promedio de plantas con un promedio de 87.11 cm sin ser significativamente diferente de los TRT 2 (aspersiones) y 5 (abono liberación controlada). La máxima altura alcanzada fue el TRT 2 con un promedio de 107.50 cm a los 9 meses dds (Figura 20). La gráfica de altura nos indica que las plantas estaban listas para la inducción de la florecida al no crecer más entre el noveno al doceavo mes para todos los tratamientos alcanzando un promedio de 99.62 cm. Cuando las plantas cambian del crecimiento vegetativo al reproductivo dejan de crecer para utilizar toda su energía en la producción de flores y frutos. A causa de la altura máxima alcanzada de las plantas, para el mes de enero comenzaron a florecer naturalmente debido a la disminución del largo de día y de la temperatura (Bartholomew et al., 2003). Azevedo et al., (2007) informó que en cv. 'Perola' la máxima altura alcanzada fue de 115 cm, valores semejantes para Py et al., (1987) de 100 cm de altura.

La única prueba de contrastes significativas fue el contraste uno para las variables altura, diámetro y número hojas. El contraste indica que los TRT 2, 3, 4 y 5 tienen mayor altura, número de hojas y diámetro de las plantas con una media de 84.30 cm, 31.33 y 72.71 cm, respectivamente, en comparación con el TRT 1 con una media de 72.71 cm, 28.59 y 7.62 cm,

respectivamente. Análisis de correlación positiva entre estas variables indican únicamente la relación entre altura y número de hojas indicando que a mayor altura encontraremos mayor número de hojas (Figura 21).

5.2.2 *Análisis Foliar durante crecimiento vegetativo*

Se encontró diferencias significativas entre tratamientos como también la interacción entre las fechas de muestreos (meses dds) y los tratamientos (Tabla 9). La Figura 22 muestra la interacción entre los tratamientos y las fechas de muestreos dds, las líneas horizontales rojas muestra las concentraciones de N óptimas en el tejido. El aumento en la concentración de N durante los dos y seis meses dds se debe a que a medida se aplica fertilizantes aumentan las concentraciones en la hoja 'D' (Vélez-Ramos y Ramos, 1995; Samuels et al., 1955). Para los dos meses dds el promedio es de 1.17%, a los 6 y 9 meses el promedio aumentó a 1.35% y 1.41%, respectivamente sin embargo, para el ultimo muestreo (12 meses) el promedio disminuyó a 1.24%. Esto se debe a que cuando la planta pasa del estado de crecimiento vegetativo al reproductivo deja de absorber nutrientes (Malezieux y Bartholomew, 2003). El TRT 5 obtuvo el porcentaje mayor de nitrógeno en el tejido a los 9 meses dds con un promedio de 1.62% causando la interacción. El menor porcentaje obtenido fue el TRT 1 a los 12 meses dds.

Análisis de contrastes (Tabla 10) demostró que los contraste 1, 3 y 4 son significativos. El contraste uno indica que la media de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son superiores a la del TRT 1 con 1.33% comparado con 1.13%, respectivamente. Esto se debe a que, al igual que en la localidad de Lajas, las cantidades aplicadas al TRT 1 son menores (107 kg/ha N) a los demás tratamientos 9610 kg/ha de N. El contraste tres compara los tratamientos dentro de los grupos

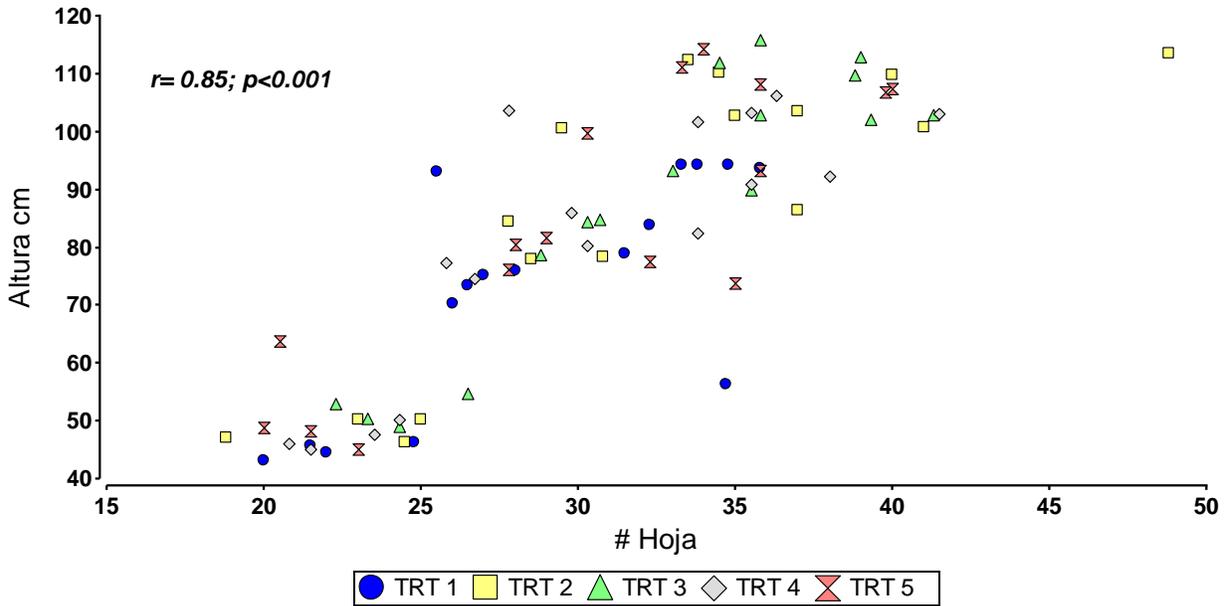


Figura 21. Gráfico de correlación entre número de hojas y altura de la piña cv. 'MD-2' en la Subestación de Isabela.

Tabla 9. Efecto de los tratamientos en el %N en el tejido de la hoja 'D' de plantas de piñas cv. 'MD-2' en la Subestación de Isabela.

Tratamientos	%N
1	1.13 ± 0.05 a
2	1.46 ± 0.05 c
3	1.39 ± 0.05 bc
4	1.20 ± 0.05 ab
5	1.29 ± 0.06 abc
Significancia	*
Meses de después de la siembra	
2 (mayo-2010)	1.17 ± 0.05 a
6 (sept-2010)	1.35 ± 0.05 bc
9 (dic-2010)	1.41 ± 0.05 c
12 (marzo-2011)	1.24 ± 0.05 ab
Significancia	*
Coefficiente de variación	16.86
Significancia de la interacción (TRT * Meses)	*

LSD Fisher- Medias con letras distintas indican diferencia significativa con un $\alpha \leq 0.05$.

* Significativo $\alpha \leq 0.05$; NS- No significativo

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5- Liberación controlada

Tabla 10. Análisis de contrastes para % N en la hoja 'D' de plantas de piña cv. 'MD-2' en la Subestación de Isabela.

Contraste	%N
1	*
2	NS
3	*
4	*

* Significancia a un $\alpha \leq 0.05$

NS- No significativo

Contraste 1- Comparación del grupo de tratamientos evaluados (TRT 2, 3, 4 y 5) con relación al testigo.

Contraste 2- Comparación del grupo de tratamientos con riego (TRT 3 y 4) y sin riego (TRT 2 y 5).

Contraste 3- Dentro del grupo de tratamientos con riego, comparación entre aspersiones (TRT 3) y fertigación (TRT 4).

Contraste 4- Dentro del grupo de tratamientos sin riego, comparación entre aspersiones (TRT 2) y liberación controlada (TRT 5).

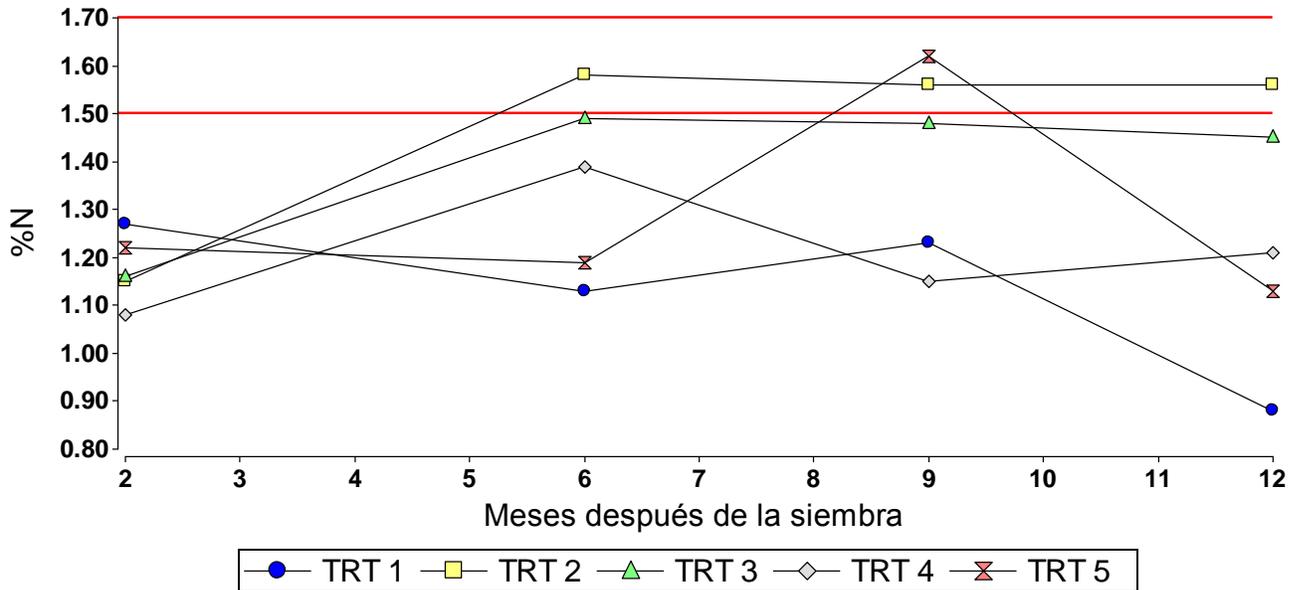


Figura 22. Efecto de los tratamientos bajo durante el desarrollo vegetativo en el % de N en la hoja 'D' de plantas de piñas cv. 'MD-2' en la Subestación de Isabela y el rango en valores óptimos en líneas horizontales.

con riego indicando que las aspersiones foliares muestran mayor concentración de N en el tejido con 1.39% comparado con fertigación con 1.20%. El sistema de fertigación es dependiente de la condiciones del suelo y puede ocurrir pérdidas de nutrientes si el terreno se encuentra saturado de agua cuando se haga la aplicación. En Isabela la precipitación durante el ciclo de producción fue abundante por lo que se puede esperar que haya pérdidas de nutrientes lo que se reflejó en un bajo contenido de N en tejido para el TRT 4. El contraste 4 compara los grupos sin riego indicando que las aspersiones foliares muestran mayor concentración que las plantas abonadas con el fertilizante de liberación controlada con promedios de 1.46% y 1.29% respectivamente. La ventaja de las aspersiones es que las condiciones del suelo no interfieren en el mecanismo de absorción mientras los abonos comunes y los de liberación controlada intervienen con el mecanismo de humedad del suelo y el estatus de la planta. No se encontró correlación entre altura de la planta, número de hojas, diámetro, número de hijos, porcentaje de humedad y biomasa con el porcentaje de N en la hoja 'D'.

El tratamiento que causó mayor porcentaje de N en la hoja 'D' lo es TRT 2 con una media general de 1.46% no siendo significativamente diferente de los TRT 3, 4 y 5. El TRT 1 (control) mostró una media de 1.13%.

La cantidad adecuada de N en el tejido ronda entre 1.5 a 1.7% (Dalldorf et al., (1978) citado por Malezieux y Bartholomew, 2003; Pinon, 1981, Malavolta, 1982 y Lacoeuilhe, 1984 citado por Souza et al., 2006). Niveles menores de 1.25% muestra deficiencias severas en las hojas tornándose de un color amarillento (Malezieux y Bartholomwe, 2003; Samuels et al., 1955). Samuels et al., (1955) encontró que valores menores a 1.66% de N en la hoja 'D' se relacionó con deficiencias en cv. 'Española Roja' y que el porcentaje de N en el tejido esta relacionado con

rendimientos. Sin embargo Gandía y Samuels, (1958) indican que las concentraciones de N en esta variedad (cv. 'Española Roja') tienden a ser más altas que el cv. 'Cayena Lisa'. En este experimento, el TRT 2 (aspersiones foliares) estuvo dentro de este rango óptimo desde los 6 meses hasta los 12 meses y el TRT 5 solo llegó a este punto a los 9 meses dds. La aplicación del abono de liberación lenta (TRT 5) fue en noviembre y un mes después se hizo el muestreo, lo que provee una idea de la causa en el aumento tan repentino entre 6 a 9 dds.

No se encontró correlación entre altura de la planta, número de hojas, diámetro, número de hijos, porcentaje de humedad con el porcentaje de N en la hoja 'D'. Sin embargo se encontró una leve correlación entre altura y porcentaje de N antes de la inducción de la florecida ($r = 0.59$).

5.2.3 Análisis del Fruto

Se estudió el porcentaje de frutos cosechados durante diferentes fechas de cosecha ya que las frutas no se desarrollaron uniformemente. En el primer pase se cosechó el 21% del total de las frutas, el segundo fue de 14%, el tercero de 35%, el cuarto de 10% y el quinto el 20%. En la Figura 23 se observa la cantidad de frutas cosechadas por tratamiento por fecha de cosecha. Se observa que para la tercera fecha se obtuvo el mayor número de frutos cosechados. El tratamiento que más se tardó en cosechar fue el TRT 5 (liberación controlada) con 37% para la última fecha de cosecha (489 dds). En este tratamiento, el fruto tuvo un peso promedio de 2.20 kg (datos no incluidos). El tratamiento que se cosechó más rápido fue TRT 1 con un 29% de sus frutas cosechadas para la primera fecha para un promedio de 2.13 kg.

Se encontró diferencias significativas para el peso del fruto (con y sin corona), altura y su grado Brix (Tabla 11). El tratamiento que produjo mayor peso de fruto con y sin corona lo fue el TRT 2 con medias de 2.54 kg y 2.10 kg, respectivamente. El TRT 2 no es significativamente

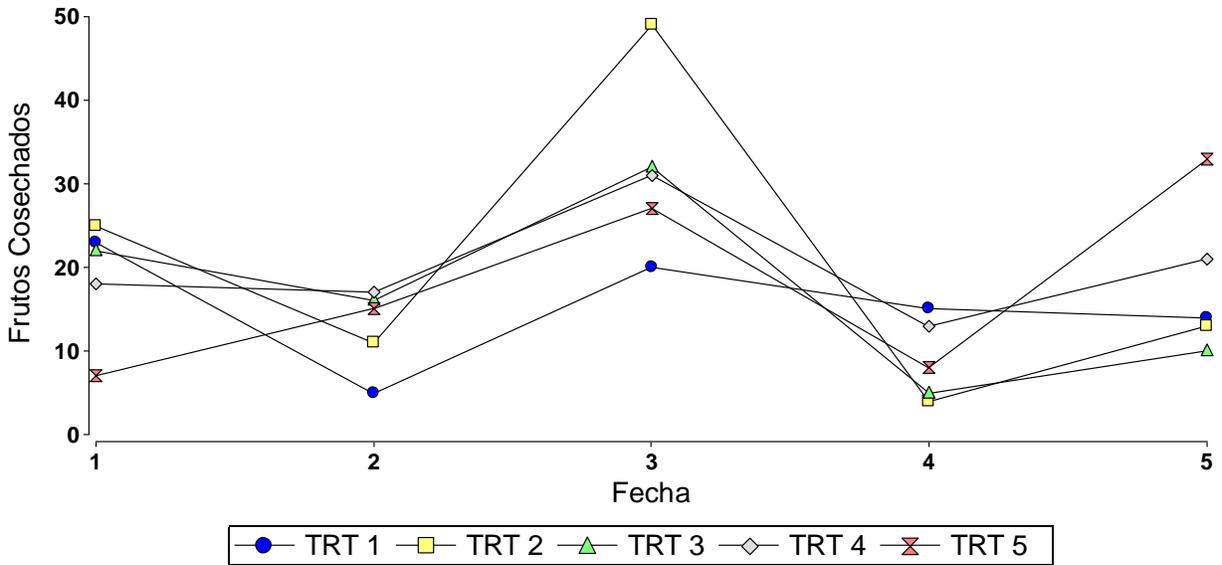


Figura 23. Cantidad de frutos cosechados durante los pases de cosecha de plantas de piñas cv. 'MD-2' en la Subestación de Isabela.

Tabla 11. Respuesta de las variables medidas a la fruta de plantas la piña cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.

Tratamiento	Peso fruto con corona	Peso fruto sin corona	Peso corona	Altura fruto con corona	Altura fruto sin corona	Altura corona	# Hijos	°Brix
	kg			cm				
1	1.90± 0.16a	1.46± 0.13a	0.40± 0.04	49.85± 2.86	16.02± 1.06	22.83± 1.96	1.25± 0.74	15.5± 1.00 b
2	2.54± 0.11c	2.10± 0.12c	0.44± 0.04	53.54± 0.95	18.52± 1.33	35.03± 0.76	2.69 ± 1.46	13.8± 0.96 a
3	2.52± 0.32 c	2.10± 0.20 c	0.43± 0.13	49.05± 3.34	18.26± 2.31	30.79± 2.50	2.50± 1.58	13.5± 1.29 a
4	2.10± 0.47 ab	1.66± 0.35ab	0.43± 0.13	50.55± 3.68	16.79± 2.32	33.78± 2.88	1.63± 0.78	15.5± 0.58 b
5	2.30± 0.30 bc	1.86± 0.27bc	0.41± 0.09	53.94± 0.61	19.02± 0.95	34.90± 0.59	2.69± 0.47	15.6± 0.96 b
Significancia	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	*
Coefficiente de variación	11.16	10.24	22.9	9.43	9.41	10.51	43.59	7.01

LSD Fisher- Medias con letras distintas indican diferencia significativa con un $\alpha \leq 0.05$.

* Significativo $\alpha \leq 0.05$

NS- No significativo

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5- Liberación controlad

diferente al TRT 3 y 5 con medias de 2.52 kg y 2.27 kg con corona y 2.10 kg y 1.86 kg sin corona respectivamente. El tratamiento que obtuvo mayor grados Brix lo fue el TRT 5 (abono liberación controlada) con media de 15.75 no siendo diferente a los TRT 1 y 4. El TRT 2 obtuvo el mayor peso y altura de corona con medias de 0.44 kg y 35.03 cm, respectivamente. Sin embargo, este no es diferente de los demás tratamientos. El TRT 5 obtuvo la mayor altura de la fruta con y sin corona con media de 53.94 cm y 7.5 cm sin ser significativamente diferente de los demás tratamientos. El número de hijos varió desde un promedio de 1.25 a 2.69 hijos por planta para los tratamientos 1 y 5 sin ser significativamente diferentes uno del otro.

Se encontraron contrastes significativos de estas variables. Estos fueron: el contraste uno fue significativo para peso de fruto con y sin corona y altura del fruto; el contraste tres fue significativo para peso de fruto con y sin corona y Brix; el contraste cuatro fue significativo para peso de fruto sin corona y Brix (Tabla 12). El contraste uno indica que la media de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son mayores con 2.36 kg de la fruta con corona, 1.93 kg de la fruta con corona, 18.15 cm de altura con corona comparado con el TRT 1 que tiene 1.86 kg, 1.46 kg y 16.02 cm, respectivamente. El contraste tres compara, dentro del grupo con riego, el método de aspersión foliar con fertigación indicando que es mejor es la aspersión para las variables de peso con y sin corona con media de 2,52 kg y 2.90 kg, respectivamente y para Brix el mejor método es fertigación (TRT 4) con media de 15.50°. El contraste cuatro compara, dentro del grupo sin riego, el método de aspersión foliar con el abono de liberación controlada indicando que el TRT 5 produce un mayor Brix con media de 15.75° y produce mayor peso sin corona que el TRT 2.

El análisis de correlación significativa entre variables de interés será explicado a continuación. En la Figura 24 se grafica la correlación entre el porcentaje de N en la hoja 'D'

Tabla 12. Análisis de contrastes para las variables del fruto de la planta de piña cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.

Contrastes	Peso fruto con corona	Peso fruto sin corona	Peso corona	# Hijos	Altura fruto con corona	Altura fruto sin corona	Altura corona	Brix °
1	*	*	NS	NS	NS	*	NS	NS
2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
3	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	*
4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*

* Significancia a un $p \leq 0.05$

NS- No significativo

Contraste 1- Comparación del grupo de tratamientos evaluados (TRT 2, 3, 4 y 5) con relación al testigo (TRT 1).

Contraste 2- Comparación del grupo de tratamientos con riego (TRT 3 y 4) y sin riego (TRT 2 y 5).

Contraste 3- Dentro del grupo de tratamientos con riego, comparación entre aspersiones (TRT 3) y fertigación (TRT 4).

Contraste 4- Dentro del grupo de tratamientos sin riego, comparación entre aspersiones (TRT 2) y liberación controlada (TRT 5).

antes de la inducción de la florecida con el peso del fruto con corona ($r = 0.61$). Existe una correlación entre altura de la planta al momento de la inducción de la florecida y el peso del fruto ($r = 0.71$) indicando que a mayor altura al momento de la inducción obtenemos frutos más pesados, también se encontró con el peso del fruto sin corona ($r = 0.66$). Estudios hechos por Marchal (1975, citado por Py et al., 1987) indica que el nivel crítico de N en el tejido, para garantizar un fruto no menor de 1.8 kg, tiene que ser de más de 1%. Samuels et al., (1955, 1958) también relaciona el porcentaje de N en tejido con rendimientos. Estos estudios confirman nuestra correlación.

El número de hojas se correlaciona con el peso del fruto sin corona ($r = 0.69$), indicando que a mayor número de hojas de la planta, mayor es el peso del fruto sin corona (importante para la industria del procesado). También existe una correlación entre altura de la corona con el peso del fruto ($r = 0.63$): a mayor altura de la corona, mayor es el peso del fruto. Si el destino final del fruto es para el procesado se tendrá coronas como material de propagación para la próxima siembra, de un buen tamaño sin afectar el peso del fruto. Otra correlación significativa es entre el porcentaje de humedad de la planta y peso ($r = 0.63$) y altura del fruto ($r = 0.60$) al igual como la altura de corona ($r = 0.69$). Tales correlaciones indican que a mayor humedad de la planta, mayor es el peso y altura del fruto y altura de la corona. El análisis de humedad será explicado más adelante en la sección de variables medidas post-cosecha.

Se han hecho varios estudios de la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica, densidades de siembra, estaciones del año, entre otros y su efecto en peso, altura y calidad del fruto de piña. Rebolledo et al., (2006) estudió el peso del fruto en densidades de siembra de 41,000 y 46,000 plantas/ha obteniendo frutos de 2.8 y 2.0 kg por planta, respectivamente para el cultivar

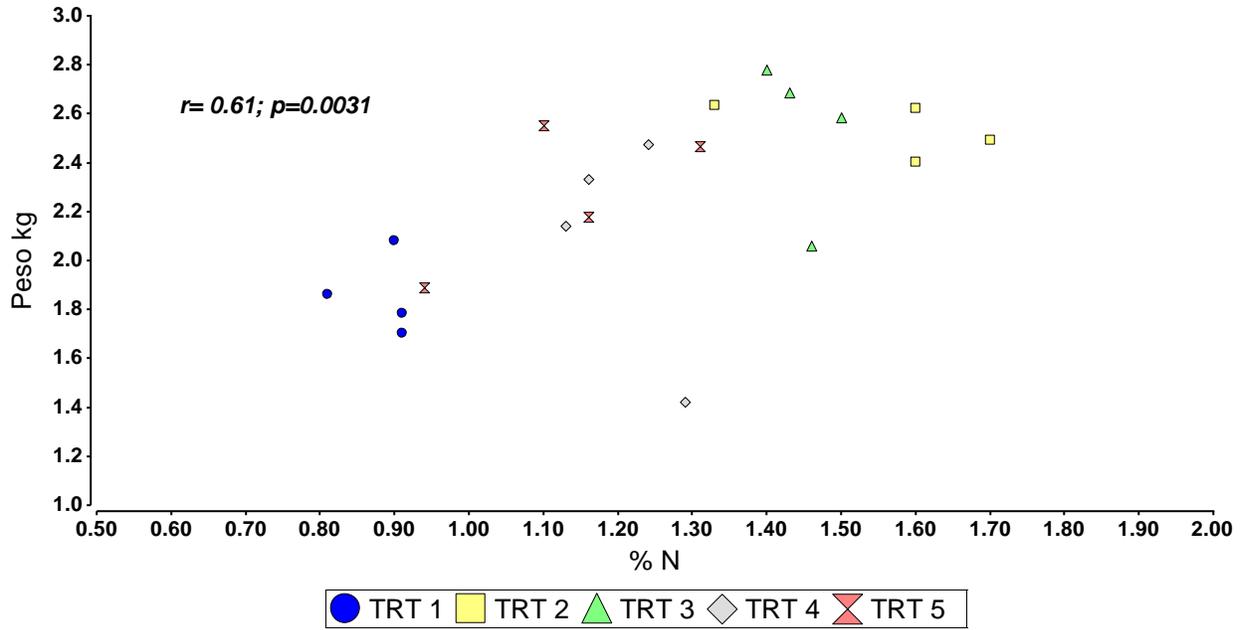


Figura 24. Gráfico de correlación entre el porcentaje de N en la hoja 'D' y el peso de las frutas con corona de plantas de piñas 'MD-2' en la Subestación de Isabela.

‘Cayena Lisa’. Joomwong y Sornsrivichai (2005) estudió el peso del fruto con relación a diferentes épocas y encontró que las frutas tuvieron mayor peso durante la época de verano (2.02kg) comparado con la época de lluvia (1.01 kg). En el mismo estudio la época lluviosa obtuvo el mayor peso de corona (0.417 kg). Azevedo et al., (2007) consiguió una peso de 1.6 kg (sin corona) en plantas de piñas que no sufrieron estrés hídrico ya que el experimento consistía en irrigación cuando las precipitación no alcanzaba el mínimo requerido. Estudios en Puerto Rico enseñan que en condiciones controladas se obtuvo un peso de la fruta que alcanzó 4.4 kg y el peso de corona alcanzo 0.54 kg (Cibes y Samuels, 1958). El Conjunto Tecnológico informa que la fruta puede pesar hasta 3.5 kg. El Brix de estos estudios ronda los 14 grados y este se relaciona con el potasio. Con esta información concluimos que los datos obtenidos en este experimento, bajo condiciones de campo, son muy parecidos a los datos obtenidos por diferentes autores.

El peso del fruto decrece a medida que se aumenta las densidades de siembra, sin embargo este es compensando con el aumento en el peso por unidad de área el cual llega hasta un punto máximo (Sanford, 1962; Py et al., 1984; Kist et al., 1991 citado en Rebolledo et al., 1993; Vélez-Ramos et al., 1991). Según Sanford (1962), entre las densidades de siembras de 22,000 plantas/ha a 64,000 plantas/ha hay una disminución de 0.45 kg del fruto por cada 2,405 plantas/ha en aumento. Esta razón se debe a que los rendimientos van en función de la acción fotosintética por unidad de área (Bartholomew et al., 2003). Bartholomew et al., (2003) indica que a mayor densidad menor area foliar es requerida para producir 1 kg de fruta. Se han reportado rendimientos en México de 115 ton/ha, en Hawaii de 80 TM/ha (Revolledo et al., 2003). Otros países con rendimientos altos son Indonesia y Costa Rica con 61.2 TM/ha y 48

TM/ha, respectivamente. En la Figura 25 se encuentran los rendimientos obtenidos en este experimento. Los TRT 2, 3 y 5 obtuvieron los rendimientos más altos con 103.09, 102.55 y 92.3 TM/ha respectivamente sin haber diferencias significativas entre ellos.

5.2.4 Análisis de la planta post-cosecha

Se estudió las siguientes variables post cosecha: porcentaje humedad, peso de planta con y sin hijos, número y peso de hijos (Tabla. 13). El ANOVA no encontró diferencia significativa en porcentaje de humedad, peso y número de hijos siendo los valores mayores de 83.3%, 0.84 kg y 3 hijos, respectivamente, para el TRT 2. Hubo diferencia significativa en peso de la planta con y sin hijos en los tratamientos. El tratamiento con mayor peso de la planta fue el TRT 2 con 3.74 kg, sin embargo, no hay diferencia significativa entre los tratamientos 3, 4 y 5 con media de 3.69, 3.43 y 3.16 kg, respectivamente. Para el peso sin hijos, el análisis mostró una tendencia igual al peso con hijos siendo el TRT 3 el que mostró mayor peso con media de 3.18 kg y no siendo significativamente diferente de los TRT 2, 4 y 5 con medias de 2.90 , 3.18 y 2.84 kg, respectivamente. El TRT 1 (testigo) obtuvo el valor más bajo de estas variables. Se encontraron contrastes significativos entre estas variables (Tabla 14). El contraste uno es significativo para peso de planta con hijos, # hijos y peso planta sin hijos, lo que nos indica que los TRT 2, 3,4 y 5 produjeron un promedio de 3.51 kg, 2.5 y 2.96 kg, respectivamente, fueron mayores en comparación con 2.32 kg 1.15 y 2.06 kg, respectivamente. Para el contraste cuatro la variable significativa fue el peso de hijos lo que nos indica que dentro del grupo sin riego, el TRT 2 tuvo mayor peso de hijos con media de 0.84 kg en comparación con el abono de liberación controlada (TRT 5) con un peso de 0.32 kg. El análisis de correlación indica

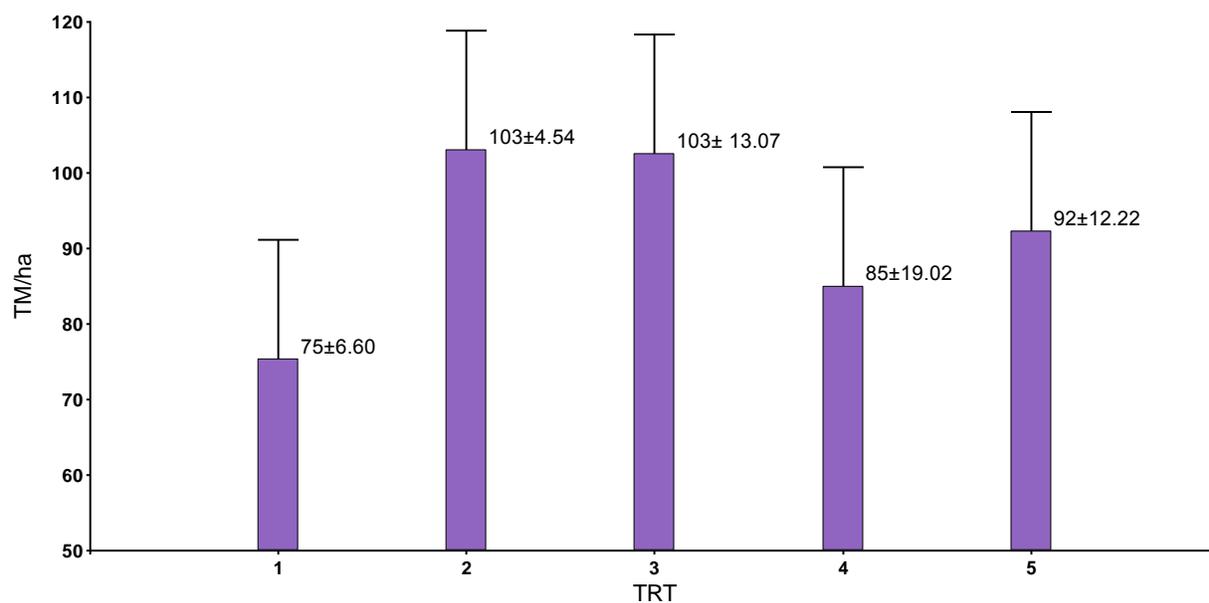


Figura 25. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de plantas de piñas ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.

La línea arriba de cada barra indica la diferencia mínima significativa a un $\alpha \leq 0.05$.

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5- Liberación controlada.

Tabla 13. Efecto de los tratamientos en variables medidas pos-cosecha a las plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.

Tratamiento	Peso planta con hijos	Peso sin hijos	Peso hijos	Hijos	Humedad
	kg				%
1	2.32± 0.73 a	2.06± 0.59	0.26± 0.34	1.15± 0.87	81.68± 1.42
2	3.74 ± 0.64 b	2.90± 0.35	0.84± 0.40	3.03± 1.25	83.36± 2.20
3	3.69± 1.46 b	3.18± 0.77	0.51± 0.69	2.68± 2.01	82.55± 2.68
4	3.43± 0.36 b	2.93± 0.43	0.50± 0.39	2.43± 0.85	81.80± 2.70
5	3.16± 0.82ab	2.84± 0.49	0.32± 0.29	2.00± 0.85	82.30± 2.18
Significancia	*	*	NS	*	NS
Coeficiente de variación	21.54	16.38	87.86	45.53	2.21

LSD Fisher- Medias con letras distintas indican diferencia significativa con un $\alpha \leq 0.05$.

* Significancia a un $p \leq 0.05$

NS- No significativo

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5- Liberación controlada.

Tabla 14. Análisis de contrastes para las variables medidas a la planta post-cosecha de la planta de piña cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.

Contrastes	Peso planta con hijos	Peso planta sin hijos	Peso hijos	Hijos	Humedad %
1	*	*	NS	*	NS
2	NS	NS	NS	NS	NS
3	NS	NS	NS	NS	NS
4	NS	NS	*	NS	NS

* Significancia a un $p \leq 0.05$

NS- No significativo

Contraste 1- Comparación del grupo de tratamientos evaluados (TRT 2, 3, 4 y 5) con relación al testigo (TRT 1).

Contraste 2- Comparación del grupo de tratamientos con riego (TRT 3 y 4) y sin riego (TRT 2 y 5).

Contraste 3- Dentro del grupo de tratamientos con riego, comparación entre aspersiones (TRT 3) y fertigación (TRT 4).

Contraste 4- Dentro del grupo de tratamientos sin riego, comparación entre aspersiones (TRT 2) y liberación controlada (TRT 5).

una leve correlación entre las variables de peso de planta con la concentración de N ($r = 0.58$) al final del ciclo (discusión de datos más adelante), número de hojas ($r = 0.61$), peso de fruto ($r=0.50$) y peso de fruto sin corona ($r = 0.56$). Aunque no existió una correlación fuerte, varios autores han indicado que para existir una buena producción, el estatus nutricional de la planta antes de la inducción es vital. Por ejemplo, Paull y Chen, (2003), indica que por cada 1 kg de peso de la planta al momento de la florecida resulta en 1kg de cosecha del fruto.

El peso de la planta fue efectuado después de la cosecha por lo que no podemos relacionar el peso de planta con el peso de frutos ya que no tenemos el peso antes de la inducción. Por tal motivo, se puede usar el número de hojas por tener una correlación entre peso de fruto y peso de la planta. El tamaño de la planta puede ser representado por número de hojas según varios autores (Py et al., 1987 y Malezieux, 1993 citado en Bartholomew et al., 2003). Se puede concluir que a mayor número de hojas, mayor es el peso de la planta y como consecuencia también el peso del fruto.

Cibes y Samuels (1958) estudiaron el peso de la planta al final del ciclo de producción en condiciones controladas. El peso de la planta madre alcanzó 4.7 kg, la raíz 0.168 kg e hijos con 1.22 kg de (con un promedio de 2 hijos). En este mismo estudio se encontró una relación entre porcentaje de humedad de la planta para el tratamiento con menos nitrógeno, bajando a 85 % de humedad en comparación con el tratamiento completo que es de 89%. En nuestro caso, el porcentaje de humedad no llegó a tal porcentaje en ninguno de los tratamientos.

5.2.5 Análisis de tejido post-cosecha

No se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de N, P y K en el tejido post-cosecha (Tabla 15). La mayor concentración obtenida fue de 1.24%, para P es 0.15% y para K es

2.52%. El único contraste significativo es el contraste dos para el porcentaje de K en tejido (Tabla16). El contraste compara los tratamientos con riego y sin riego indicando que el tratamiento con riego (TRT 3 y 4) tiene una concentración menor de 2.08% en promedio que los tratamientos sin riego (TRT 2 y 5) con una concentración de 2.48%. Según reportado por Ingamells et al., (1976; citado en Bartholomew et al., 2003) el contenido de nutrientes después del ciclo de producción en porcentaje de peso seco son: N- 1.03, P-0.19 y K-1.94. Tales valores son parecidos a los obtenidos en nuestros tratamientos con medias generales de: N-1.12%; P-0.14% y K-2.21%.

Tabla 15. Efecto de los tratamientos sobre las concentraciones de N-P-K en el tejido post-cosecha en plantas de piñas cv. ‘MD-2’ en la Subestación de Isabela.

Tratamiento	N	P	K
	%		
1	1.02 ± 1.02	0.15 ± 0.04	1.92 ± 0.37
2	1.25 ± 0.26	0.12 ± 0.02	2.43 ± 0.44
3	1.24 ± 0.21	0.13 ± 0.03	2.16 ± 0.48
4	1.17 ± 0.28	0.15 ± 0.04	2.01 ± 0.18
5	1.16 ± 0.13	0.14 ± 0.02	2.52 ± 0.70
Significancia	NS	NS	NS
Coefficiente de variación	14.94	13.78	15.66
Contrastes			
1	NS	NS	NS
2	NS	NS	*
3	NS	NS	NS
4	NS	NS	NS

* Significancia a un $p \leq 0.05$

NS- No significativo

Luego cada media le sigue su desviación estándar.

TRT 1- Testigo; TRT 2- Aspersiones; TRT 3- Aspersiones + riego; TRT 4- Fertigación; TRT 5- Liberación controlada.

Contraste 1- Comparación del grupo de tratamientos evaluados (TRT 2, 3, 4 y 5) con relación al testigo (TRT 1).

Contraste 2- Comparación del grupo de tratamientos con riego (TRT 3 y 4) y sin riego (TRT 2 y 5).

Contraste 3- Dentro del grupo de tratamientos con riego, comparación entre aspersiones (TRT 3) y fertigación (TRT 4).

Contraste 4- Dentro del grupo de tratamientos sin riego, comparación entre aspersiones (TRT 2) y liberación controlada (TRT 5).

6 CONCLUSIÓN

En esta investigación el objetivo general fue evaluar métodos de fertilización (aspersión, abono granulado y abono en base a liberación controlada) y manejo de agua (irrigación) en la producción de piñas de dos variedades. Basado en los datos obtenidos, las conclusiones producidas en el estudio son:

- Las recomendaciones de fertilización granulada al suelo basadas según el Conjunto Tecnológico (1984) de Puerto Rico produjeron los resultados más bajos en todas las variables estudiadas para las dos variedades de piñas.
- El cultivar ‘MD-2’ respondió a los distintos métodos de fertilización y manejo de agua mientras que en Lajas (cv. ‘Cabezona’) no respondió debido mayormente a la plaga de la chinche *Dysemicoccus brevipes*.
- Las aspersiones foliares cada tres semanas mantuvieron un contenido estable y adecuado en el contenido de N en el tejido (el rango óptimo de 1.5 – 1.7%) durante el crecimiento vegetativo resultando en mayores rendimientos comparado con los demás tratamientos.
- Aunque en una ocasión, en la localidad de Isabela (cv. ‘MD-2’), el abono de liberación controlada alcanzó los niveles óptimos esto no se reflejó en rendimiento y pudiera estar relacionado con diferencias en las fechas de muestreos.
- La absorción de nutrientes mediante los métodos fertilización de fertigación, abono granulado y de abono de liberación controlada están afectadas principalmente a las condiciones del suelo. En la localidad de Isabela por la baja retención de agua y en Lajas por la alta retención de agua, bajo drenaje y acidez del suelo.

- No hay un efecto en la aplicación de riego por goteo en el rendimiento de piñas sin embargo si hubo una respuesta en peso fruto con corona, peso corona y porcentaje de N y K post cosecha en la localidad de Lajas (cv. ‘Cabezona’).
- La fertigación no es una buena alternativa para la producción de piñas.
- El número de hojas, diámetro del tallo, altura y porcentaje de N en el tejido de la hoja ‘D’ son excelentes indicadores para predecir rendimientos.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda, en base a los resultados obtenidos en este experimento, la utilización del abono de liberación controlada ya que podría sustituir las aspersiones foliares frecuentes sin afectar rendimientos.
- Se recomienda hacer un estudio del abono de liberación controlada con riego.
- Aunque en Isabela, la precipitación no fue un factor limitante, se debe estudiar si hay alguna relación entre la eficiencia del uso de abono de liberación lenta con y sin riego en piña.
- Realizar estudios referentes al efecto de las condiciones físicas del suelo en la producción de piñas y cómo se pueden corregir problemas relacionados.
- Hacer pruebas de niveles de fertilización específicos para el cultivar ‘MD-2’ bajo las condiciones y suelos de Puerto Rico.
- Y por último, se recomienda estudios sobre el control de la plaga de la cochinilla *Dysemicoccus brevipes* (Orden Hemiptera) en las siembras del cultivar ‘Cabezona’ y la conservación de material libre de la enfermedad.

8 LITERATURA CITADA

Ahmed, O., M. Husni, A. Anuar, y M. Hanafi. 2001. Some observations in pineapple production under different fertilizer programmers and different pineapple residue management practice. *Malaysia Pertanika J. of Trop. Agric. Sci.*, 24(2): p. 115-121.

Áviles-Rodriguez, L. y J. Montalvo. 2000. Situación actual y perspectiva del cultivo de piña 'Cabezona' en Lajas. <http://136.145.83.33:8000/jspui/bitstream/10476/221/1/pagina%203.pdf>.

Álvarez, C. y A. Carracedo. 1995. Pineapple yield and quality on a banana soil of the Canary Island irrigated with acid and saline water. *Trop. Agric.* 73(3): p.220-224.

Azevedo, P., C. Souza, B. da Silva, y V. da Silva. 2007. Water requirements of pineapple crop growth in a tropical environment, Brazil. *Agric. Water Management.* 88 (1-3): p.201-208.

Bartholomew, D. P. 2009. 'MD-2' Pineapple Transforms the World's Pineapples Fresh Fruit Export Industry. *Pineapple News.* 16: p. 2-5.

Bartholomew, D., E. Meluzieus, G. M. Sanewki y E. Sinclair. 2003. Inflorescence, fruit development and yield. En Bartholomew, D. P., R. E. Paull y K. G. Rohrbach. *The Pineapple: Botany, Production and Uses.* CAB International: p. 167-169.

Bartholomew, D., K. Rohrbach y D. Evans. 2002. Pineapple cultivation in Hawaii. *Cooperative Extension Service.* F y N. 7: p. 1-8.

Beinroth, F., R. Engel, J. Lugo, C. Santiago, S. Ríos y G. Brannon. 2003. Updated taxonomic classification of the soils of Puerto Rico. *Est. Exp. Agric. Univ. De P.R.* p.73

Betancourt, P., Y. Montilla, C. Hernández, y E. Gallardo. 2005. Fertilización nitrogenada en el cultivo de pina (*Ananas comosus* L. Merr) en el sector Paramo Negro, municipio Iribarren estado Lara. *Rev. Fac. Agro.* 22: p. 377-387.

Biswas, B.C. 2010. Fertigation in Hight Tech Agriculture: A success story of a lady farmer. *Fertilizer Marketing.* 41 (10).

Cabrera, J., R. Keifer, y V. Galán. 2007. Introducción y evaluación preliminar del cultivar de piñas tropical MD-2 bajo invernadero en las Islas Canarias. *Acts. Hort.* 48: p. 693-696.

Chan, Y., G. Coppens, y G. Sanewski. 2003. Breeding and Variety Improvement. En Bartholomew, D. P., R. E. Paull y K. G. Rohrbach. *The Pineapple: Botany, Production and Uses* CAB International: p. 33-53.

Cibes, H. y G, Samuels. 1958. Mineral-Deficiency symptoms display by Smooth Cayenne pineapple plants grown under controlled conditions. Univ. of P.R., Agric. Exp. Station. 31: p.1-32.

Conde, C. y Gomez, F. 1999. Nitrate Concentration of the upper aquifer in the Manatí-Vega Baja area, Puerto Rico. Proceedings of the Third International Symposium on Water Resources, Fifth Caribbean Islands Water Resources Congress, American Water Resources Association: p. 15-20.

Conjunto Tecnológico. La producción de piñas. 1984. Est. Exp. Agr Univ. de P. R., 106 (2).

Collins, J. L. 1951. Notes on the origin, history, and genetic nature of the Cayenne pineapple. Pac Sci 5(1): p. 3-17.

Coppens, G., y F. Leal. 2003. Morphology, anatomy and taxonomy. En D. Bartholomew, R. Paull, y Rohrbach, K., Pineapple: Botany, Production and Uses CAB International: p. 13-32.

Departamento de Agricultura. Estadísticas Agrícolas. 2010. <http://www.gobierno.pr/NR/rdonlyres/4A81AD1D-4A66-46C9-95AD6A3C56F2EF48/0/DistribucionIngresoBrutoAgricolaProductos.pdf>

Ekern, P.C. 1965. Evapotranspiration of Pineapple in Hawaii. Plant Physiol. 40: p. 736-739.

Elizondo, A. 2010. Análisis del mercado de la Piña. Servicio de Información e Inteligencia de Mercados. Boletín 1.

Food and Agriculture Organization. 2008. FAO Estadistics. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

Frank, R. 2003. Going for 'The Gold' turns pineapple world upside down. Rush is on the grow version of Fresh Del Monte's Fruit. The Wall Street Journal. <http://www.aug.edu/~sbajmb/Clippings/2003-10-07-Pineapple.pdf>

Gandía, H. y G. Samuels. 1958. Cultivo y Elaboración de la piña en Puerto Rico. Est. Exp. Agri., Univ. de P.R., Bol. 145.

Hepton, A. 2003. Cultural System. En Bartholomew, D. P., R. E. Paull y K. G. Rohrbach The Pineapple: Botany, Production and Uses. CAB International: p.109-140.

Hslao, H. y E. Acevedo. 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. Agricultural Meteorology 14: p. 59-84.

Imas P. 1999. Manejo de nutrientes por fertirriego en sistema frutihortícolas XXII Congreso Argentino de Horticultura. International Potash Institute.

- Joomwong, A y J. Sornsrivichai. 2005. Impact of cropping season in northern Thailand on the quality of Smooth Cayenne pineapple. I. Influence on morphological attributes. *Int. J. of Agric.* 7 (3): p. 482-490.
- Malezieux, E., y Bartholomew, D. 2003. Plant nutrition. En Bartholomew, D. P., R. E. Paull y K. G. Rohrbach, *The Pineapple; Botany, Production and Uses*. CAB International: p. 143- 163.
- Malezieux, E., F. Cote y D. P. Bartholomew. 2003. Crop Environment, Plant Growth and Physiology. En Bartholomew, D. P., R. E. Paull y K. G. Rohrbach. *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing: p. 69-101.
- Mite, F., L. Medina y J. Espinosa. 2009. Efecto de la corrección de pH en el rendimiento piña en suelos volcánicos. *International Plant Nutrition Institute*. 73.
- Molden, D., T. Oweis, P. Steduto, P. Bindraman, M. Hanjra y J. Kijne. 2009. Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural. Water. Mangment.* 2774: p.1-8.
- Nose, A., K. Miyazato y S. Murayama. 1981. Studies on Matter Production in Pineapple plant II. Effects of soil moisture on the gas Exchange of pineapple plants. *Japan J. Crop. Sci.* 50(5): p. 525-535.
- Overbeek, J. Van y H. J. Cruzado. 1948. Note on flower formation in the pineapples induced by night temperatures. *Plant Physiology.* 23 (3): p. 282-285.
- Paull, R. y C. Chen. 2003. Post harvested physiology, handling and storage of pineapple. En Bartholomew, D. P., R. E. Paull y K. G. Rohrbach. *The Pineapple: Botany, Production and Uses* CAB International: p. 253-280.
- Pérez, M. 1957. Pineapple gummosis in Puerto Rico and its control. *Est. Exp. Agr., Univ. de P.R.* 71(21).
- Py, C. 1969. *La piña tropical*. Barcelona. Blume: p. 278.
- Py, C., J. J. Lacoeyilhe y C. Teison. 1987. *The pineapple, cultivation and uses*. G.P. Maisonneuve y Larose: p.568.
- Piñero, M. y H. Bayrón. 1948. Costo de producción de la piña en la zona norte de Puerto Rico. *Est. Exp. Agr., Univ. de P.R.*, 98.
- Ramírez, C. T. y E. González. 1983. Spacing, Nitrogen and Potassium on Yield and Quality of 'Cabezona' Pineapple. *The J. of Agric. of Univ. of Puerto Rico.* 67(1): p.1-10.

Ramos, M, P. Monnerat, da R. Pinho, y A. Pinto. 2009. Growth and Flowering of 'Imperial' Pineapple Plants under Macronutrient and Boron Deficiency. *Acta Hort.* 822: p. 139-146.

Rebolledo, M.A., V.R. Mosqueda y R.A.E. Balerril. 1993. Growth analysis of smooth cayenne pineapple grow under four fertilizer rates in Vera Cruz, México. *Acta Hort.* 334 (1): p.159–169.

Rebolledo, M.A., A.L. Pérez, L. Rebolledo, E. Becerril y D. Uriza. 2006. Rendimiento y calidad de fruto de cultivares de piñas en densidad de plantación. *Rev. Fitotec. Mex.* 29 (1): p. 55-62.

Rohrbach, K., y M. Johnson. 2003. Pest, diseases and weeds. En Bartholomew, D. P., R. E. Paull y K. G. Rohrbach. *The Pineapple: Botany, Production and Uses* CAB International: p. 203-250.

Román, P., F. Román, J. Zamora, S. Martínez y M. Zapata. 2009. Preliminary evaluation of better management practice on pineapple production. Progress Report. Ext. Exp. Agri., Univ. Of Puerto Rico.

Santos, L., J. Valero, M. Picornell y J. Tarjuelo. 2010. El riego y sus tecnologías. Universidad Técnica de Lisboa CREA-UCLM.

Sanford, W. 1962. Pineapple crop-log: concept and development. *Better Crop With Plant Food.* 46: p.32-43.

Samuels, G., S. Alers-Alers y G. Jackson. 1958. Influence of fertilizers on yields of pineapple on a Coto clay. *The J. of Agric. of Univ.of Puerto Rico.* 42(1): p.12-26.

Samuels, G., P. Landrau y R. Olivencia. 1955. Response of pineapple to the application of fertilizers. *J. of Agric. Univ.of Puerto Rico.* 39(1): p.1-11.

Schneider, R.C., R.E. Green, J.D. Wolt, R.K.H., Loh, D.P. Schmitt y B. Sipes. 1995. 1,3-dichloropropene distribution in soil when applied by drip irrigation or injection in pineapple culture. *Pesticide Science.* 43 (2): p. 97-105.

Shaviv, A. 2000. Advances in controlled release of fertilizer. *Advances in Agronomy.* 71 (1-49): p. 79

Sideris, C. y B. Kranss. 1928. Water relations of pineapple plants. *Soil Sci.* 26(4): p. 305-316.

Souza, L.F.D., O.A. Almeida, R.C Caldas, y D.H. Reinhardt. 2002. Effect of soil moisture and fertilization on Perola pineapple in Coastal Tableland areas of Brazil. *Trop. Agri.* 79(2): p. 83-87.

Souza L.F., y D. Haroldo. 2006. Pineapple. IPI http://www.ipipotash.org/udocs/10_Pineapple.pdf

Spironello, A., J. A. 'Guaggio, L. A. Junqueira, P. R. Furlani, y J. M. Monteiro. 2004. Pineapple yield and fruit quality affected by NPK fertilization in a tropical soil. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*. 26: p. 155-159.

Theodore, C. y E. Acevedo, 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. *Agric. Mete.* 14: p. 59-84.

USDA- NRCS, 1982. Natural Resources Conservation Services. Web soil survey- Arecibo Area- Northern Puerto Rico. <http://websoilsurvey.nrcs.usda.gov/app/WebSoilSurvey.aspx>.

USDA- NRCS, 2008. Natural Resources Conservation Services. Web soil survey- San Germán Area- Northern Puerto Rico. <http://websoilsurvey.nrcs.usda.gov/app/WebSoilSurvey.aspx>.

Vargas-Rivera. D. 2009. Avanza la piña del país. *El Nuevo Día*. <http://www.manati.info/eventos/novedades/articulos/pinas/avance.htm>

Vélez-Ramos, A., P. Márquez y C. de Báez. 1991. Effect of N and K levels and planting density on pineapple fruit yield and quality. *The J. of Agric. of Univ. of Puerto Rico*. 75(4): p.319-328.

Vélez-Ramos, A. y J. Ramos. 1995. Foliar application of nitrogen, potassium and magnesium, and pineapple yield and quality. *The J. of Agric. of Univ. of Puerto Rico*. 79(3-4): p.111-119.

Wan, Y. y S. El-Swaify. 1999. Runoff and soil erosion as affected by plastic mulch in Hawaiian pineapple field. *Soil and Tillage Research*. 52: p.29-35.

Zamora, J. 2006. Piña 'Cayena Lisa': botánica, cultivo y mercadeo. Universidad de Puerto Rico. Mayaguez. P. in Press. 88.