

**EFFECTO DE LA ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA SOBRE EL
CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE LA PIÑA HIBRIDO MD-2
(*Ananas comosus* var. *comosus*), EN PINDECO PACIFICO,
BUENOS AIRES, PUNTARENAS.**

GERALD EDUARDO RODRIGUEZ VALVERDE

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

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

2013

**EFFECTO DE LA ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA SOBRE EL
CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE LA PIÑA HIBRIDO MD-2
(*Ananas comosus* var. *comosus*) EN PINDECO PACIFICO,
BUENOS AIRES, PUNTARENAS.**

GERALD EDUARDO RODRIGUEZ VALVERDE

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA

Asesora

Ing. Agr. Gerardo Matarrita Venegas

Jurado Externo

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

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE

Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

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

Director
Escuela de Agronomía

2013

DEDICATORIA

A mi padre Jorge, por su apoyo incondicional, y consejos en todo momento de mi vida, siendo mí ejemplo a seguir.

A mi madre Guiselle, por su apoyo y todo su cariño.

A mi hermano y hermanas y mi familia.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco primero ante todo a Dios, por permitirme llevar a cabo este trabajo y lograr la culminación de una etapa importante en mi vida.

A mis padres por ser una parte fundamental en mi vida y brindarme siempre el cariño y consejos necesarios para mi desarrollo como persona.

Le agradezco profundamente a la Corporación de Desarrollo Agrícola Del Monte S.A. por brindarme la oportunidad y recursos necesarios para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Le agradezco al equipo de la sección de agronomía del departamento de investigación de Pindeco Pacifico por su valiosa colaboración en la coordinación de personal y recursos necesarios y por permitirme ser parte de su equipo de trabajo.

Al Ing. Gerardo Matarrita por sus valiosos aportes en el diseño y análisis del presente trabajo y en la gestión de recursos necesarios para llevarlo a cabo.

Al Instituto Tecnológico de Costa Rica y a la Escuela de Agronomía por brindarme las herramientas del conocimiento necesarias para poder alcanzar este logro académico en esta importante casa de enseñanza superior.

Al Ing Zulay Castro por su valiosa asesoría y consejos y apoyo profesional en la elaboración y revisión de este trabajo de investigación.

A mis amigos y compañeros de la carrera de Agronomía les agradezco de todo corazón por todas las bonitas experiencias vividas durante nuestros años de estudio.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
TABLA DE CONTENIDO.....	III
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE CUADROS	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA PIÑA.....	4
2.2 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA	4
2.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	4
2.3.1 <i>Tallo</i>	5
2.3.2 <i>Hojas</i>	6
2.3.3 <i>Hoja D</i>	7
2.3.4 <i>Raíces</i>	8
2.3.5 <i>Inflorescencia</i>	9
2.3.6 <i>Fruto</i>	9
2.4 REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS	9
2.4.1 <i>Altitud</i>	9
2.4.2 <i>Precipitación</i>	10
2.4.3 <i>Temperatura</i>	10
2.4.4 <i>Luminosidad</i>	11
2.4.5 <i>Vientos</i>	11
2.4.6 <i>Suelos</i>	11
2.5 PREPARACIÓN DEL SUELO	12
2.6 ENCAMADO	14
2.7 SIEMBRA	15
2.8 ÁREA FOLIAR.....	16
2.9 ANÁLISIS DE CRECIMIENTO	18
2.9.1 <i>Índices Morfológicos</i>	20

a)	Índice de Área Foliar	20
b)	Razón de peso foliar	20
c)	Razón de peso radical	20
d)	Razón de peso de tallo	21
2.9.2	<i>Índices fisiológicos</i>	21
e)	Tasa de crecimiento Absoluto	21
f)	Tasa de crecimiento relativo	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1	UBICACIÓN DEL ESTUDIO	23
3.2	PERIODO DEL ESTUDIO	24
3.3	TRATAMIENTOS	24
3.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	25
3.5	ÁREA EXPERIMENTAL	26
3.5.1	<i>Parcela experimental</i>	27
3.6	VARIABLES DE ESTUDIO	30
3.7	PROCEDIMIENTO	31
3.7.1	<i>Selección del área experimental</i>	31
3.7.2	<i>Construcción de la parcela experimental</i>	31
3.7.3	<i>Caracterización de la parcela experimental</i>	34
3.7.4	<i>Siembra</i>	34
3.7.5	<i>Muestreo</i>	36
g)	Toma de muestras	36
h)	Procesamiento de muestras	38
i)	Peso seco de tallos, hojas y raíces	39
j)	Longitud, ancho y peso de hoja D	40
k)	Determinación del Área foliar	40
l)	Medición de altura de cama	41
m)	Densidad aparente	41
n)	Conductividad hidráulica	43
o)	Análisis de textura	45
3.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	46
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL	48
4.2	CONSIDERACIONES INICIALES DEL ANÁLISIS DE CRECIMIENTO	50
4.3	ANÁLISIS DE CRECIMIENTO	51
4.3.1	<i>Peso Seco Total</i>	51
4.3.2	<i>Tasa de Crecimiento Absoluto</i>	53
4.3.3	<i>Tasa Media de Crecimiento Relativo</i>	55
4.3.4	<i>Peso Seco de Hojas</i>	62
4.3.5	<i>Peso seco de tallo</i>	65
4.3.6	<i>Peso seco de raíces</i>	69

4.4	VARIABLES BIOMÉTRICAS DE HOJA D	71
4.4.1	<i>Peso seco de hoja D</i>	71
4.4.2	<i>Longitud de hoja D</i>	73
4.4.3	<i>Ancho de Hoja D</i>	75
4.5	ÁREA FOLIAR	79
4.5.1	<i>Índice de área foliar</i>	81
4.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	83
5.	CONCLUSIONES	86
6.	RECOMENDACIONES	89
7.	LITERATURA CITADA	90
8.	ANEXOS	94

LISTA DE FIGURAS

Figura	Titulo	Página
1.	MAPA DE UBICACIÓN DEL ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE PIÑA EN SONADOR DE VOLCÁN, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	23
2.	DIAGRAMA EN 3D REPRESENTATIVO DE LOS DIFERENTES NIVELES DE ALTURA DE CAMA PARA CADA TRATAMIENTO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS 2012.....	25
3.	CROQUIS DEL ÁREA EXPERIMENTAL CON SU RESPECTIVA DISTRIBUCIÓN Y ORIENTACIÓN DE LAS 24 PARCELAS EXPERIMENTALES Y CUATRO BLOQUES DE MUESTREO O REPETICIONES.....	27
4.	CROQUIS REPRESENTATIVO DE LA PARCELA ÚTIL, CON SUS RESPECTIVOS PUNTOS DE MUESTREO (CUADROS VERDES: MUESTREOS PARA PESO FRESCO Y SECO DE RAÍZ, TALLO Y HOJAS, Y LONGITUD, ANCHO Y PESO DE HOJA D). EL ÁREA DELIMITADA EN AZUL ES EL ÁREA DESTINADA PARA COSECHA. LAS FLECHAS DE COLOR ROJO INDICAN LAS RUTAS DE INGRESO Y SALIDA A LA PARCELA EXPERIMENTAL PARA LA TOMA DE MUESTRAS.	29
5.	SECCIÓN COMERCIAL SELECCIONADA POR SU UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y FECHA DE SIEMBRA PROGRAMADA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	31
6.	MEDICIÓN INDIVIDUAL DE ALTURA DE CAMA DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL POR TRATAMIENTO EN PINDECO PACIFICO, SONADOR, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	32
7.	DRENAJE CONSTRUIDO ENTRE PARCELAS EXPERIMENTALES CERCANAS EN PINDECO PACIFICO, SONADOR, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	33
8.	CONSTRUCCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS UTILIZANDO UNA PALA PARA LOGRAR LA ALTURA DESEADA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	33
9.	CONSTRUCCIÓN Y CONFORMACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS CON LA AYUDA DE UN MOLDE ENCAMADOR, DISEÑADO Y CONSTRUIDO CON BASE EN LA ATURA DE CAMA CORRESPONDIENTE A CADA TRATAMIENTO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	34
10.	SIEMBRA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS CON HIJOS DE PEDÚNCULO ENTRE 170,1 Y 226,8G (SLIPS DE 6 A 8 OZ) EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	35
11.	DIAGRAMA EN 3D REPRESENTATIVO DEL VOLUMEN DE SUELO EXTRAÍDO, PARA LA TOMA DE MUESTRA DE RAÍZ EN ESTUDIO DEL EFECTO DE ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA SOBRE EL	

	CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE PIÑA, PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	37
12.	CROQUIS REPRESENTATIVO DEL EQUIPO UTILIZADO PARA LA MEDICIÓN DE LA ALTURA DE CAMA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN LAS PARCELAS EXPERIMENTALES.....	41
13.	MATERIALES UTILIZADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO PARA DENSIDAD APARENTE, CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA Y ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO.	42
14.	EXTRACCIÓN DE CILINDRO CON UNA MUESTRA DE SUELO PARA DENSIDAD APARENTE A UNA PROFUNDIDAD DE 25CM ANTES DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	43
15.	EXTRACCIÓN DE CILINDRO CON UNA MUESTRA DE SUELO PARA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA A NIVEL SUPERFICIAL UN MES DESPUÉS DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES PUNTARENAS, 2012.....	44
16.	INSTRUMENTO CONFECCIONADO PARA EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA REALIZAR PRUEBAS SIMULTANEAS DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES PUNTARENAS, 2012.	44
17.	ANÁLISIS DE TEXTURA DE CADA PARCELA EXPERIMENTAL MEDIANTE EL MÉTODO DE BOUYUCOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE PINDECO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2013	45
18.	RELACIÓN LINEAL DE LA ESTIMACIÓN DEL ÁREA FOLIAR EN FUNCIÓN DEL PESO SECO DE PLANTA EN ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA PIÑA HIBRIDO MD2 EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	50
19.	MATERIA SECA TOTAL PROMEDIO DE LAS PLANTAS CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURAS DE CAMAS DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	52
20.	TASA DE CRECIMIENTO ABSOLUTO (TCA) DE LAS PLANTAS A DIFERENTES ALTURAS DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	54
21.	VARIACIÓN EN LA TASA MEDIA DE CRECIMIENTO RELATIVO (TMCR) DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD-2 A DIFERENTES ALTURAS DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	56

22.	VARIACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL DURANTE EL AÑO 2012 REGISTRADOS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE SONADOR DE VOLCÁN, PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS. LAS FLECHAS NEGRAS INDICAN LOS MESES EN LOS CUALES SE REALIZARON LAS EVALUACIONES.....	59
23.	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DURANTE EL AÑO 2012 REGISTRADOS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE SONADOR DE VOLCÁN, PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS. LAS FLECHAS NEGRAS INDICAN LOS MESES EN LOS CUALES SE REALIZARON LAS EVALUACIONES.....	61
24.	PESO SECO DE HOJAS DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD-2 CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURAS DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	64
25.	PESO SECO DE TALLO DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD2 CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURAS DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	66
26.	PESO SECO DE RAÍZ DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD2 CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURAS DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	70
27.	PESO SECO DE HOJA D DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD-2 CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURAS DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	72
28.	LONGITUD DE HOJA D DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD-2 CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURAS DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	74
29.	ANCHO DE HOJA D DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD2 CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURAS DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	77
30.	VARIACIÓN MENSUAL DE LA RADIACIÓN DURANTE EL AÑO 2012, SEGÚN DATOS REGISTRADOS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DEL SONADOR, PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	78
31.	ESTIMACIÓN DEL ÁREA FOLIAR DE LAS PLANTAS CULTIVADAS EN DIFERENTES ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA, DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	79

32.	ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE LAS PLANTAS CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA, DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	82
-----	---	----

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Titulo	Página
1.	TRATAMIENTOS A UTILIZAR EN ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ALTURA DE CAMA SOBRE EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE PIÑA HÍBRIDO MD-2 EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	24
2	DIMENSIÓN, ÁREA Y CANTIDAD DE PLANTAS APROXIMADAS DE LA PARCELA EXPERIMENTAL Y PARCELA ÚTIL, ASÍ COMO SU RESPECTIVA ÁREA DE BORDES Y SUBPARCELA DESTINADA PARA COSECHA.	28
3.	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES PARA ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE PIÑA HÍBRIDO MD-2 EN PINDECO PACÍFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	30
4.	PLANTAS MUESTREADAS PARA LAS VARIABLES DE PESO FRESCO Y SECO DE RAÍZ, TALLO Y HOJAS Y SU FECHA DE MUESTREO.....	37
5.	PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO PARA CADA TRATAMIENTO EN ESTUDIO SOBRE EL EFECTO DE LA ALTURA DE CAMA SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO DE LA PIÑA HIBRIDO MD2 EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	48
6.	PROMEDIO DE MATERIA SECA TOTAL DE LAS PLANTAS CULTIVADAS A DIFERENTE ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	53
7.	INCREMENTO DIARIO DE MATERIA SECA TOTAL DE LAS PLANTAS CULTIVADAS A DIFERENTE ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO DE EVALUACIÓN EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	55
8.	VARIACIÓN DE LA TASA MEDIA DE CRECIMIENTO RELATIVO (TMCR) DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD2 CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURAS DE CAMA DE SIEMBRA DURANTE EL PERIODO EVALUADO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	58
9.	ÍNDICES MORFOLÓGICOS DE RPR, RPT Y RPF AL FORZAMIENTO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	62
10.	PROMEDIO DE PESO SECO DE HOJAS DE PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD2 CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	65

11.	PROMEDIO DE PESO SECO DE TALLO DE PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD-2 CULTIVADAS A DIFERENTES ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	67
12.	PROMEDIO DE PESO SECO DE RAÍCES DE PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD-2 CULTIVADAS A DIFERENTE ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	69
13.	PROMEDIO DE PESO SECO DE HOJA D DE PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD-2 CULTIVADAS A DIFERENTE ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	73
14.	PROMEDIO DE LONGITUD DE HOJA D DE PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD-2 CULTIVADAS A DIFERENTE ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	75
15.	PROMEDIO DE ANCHO DE HOJA D DE PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD-2 CULTIVADAS A DIFERENTE ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	76
16.	ESTIMACIÓN DEL ÁREA FOLIAR PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD2 CULTIVADAS A DIFERENTE ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	80
17.	ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) PROMEDIO DE LAS PLANTAS DE PIÑA HIBRIDO MD2 CULTIVADAS A DIFERENTE ALTURA DE CAMA DE SIEMBRA EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	81
18.	RESUMEN DE LOS DATOS MÁS RELEVANTES OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA A PARTIR DEL ÁREA BAJO LA CURVA DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.	83
19.	RESUMEN DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TRATAMIENTOS OBTENIDAS A PARTIR DE UNA PRUEBA DE DUNCAN CON UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA ($\alpha=0,05$), PARA LAS DIFERENTES VARIABLES DE ESTUDIO EN PINDECO PACIFICO, BUENOS AIRES, PUNTARENAS, 2012.....	84

RESUMEN

La preparación de suelo y prácticas de encamado son fundamentales en el crecimiento y producción de muchos cultivos, pero pocos estudios se han publicado demostrando el efecto de la altura de cama de siembra sobre el crecimiento del cultivo de piña (*Ananas comosus* var *comosus*) híbrido MD-2. La problemática que gira entorno a este tema, es que la preparación de suelo y labores de encamado por parte de la Empresa Pindeco Pacífico S.A. en todas sus áreas de producción se realizan en verano, por lo que no siempre la programación de las fechas de siembra coincide con la finalización de estas labores, por lo que en ocasiones se da un gran intervalo de tiempo entre el encamado y la siembra del cultivo. Aún cuando la empresa mantiene un programa de coberturas vegetales, lo amplio del intervalo transcurrido entre el encamado y la siembra incrementa los procesos de erosión y pérdida de suelo, por lo que la altura de la cama al momento de la siembra se ve disminuida. Con el fin de conocer el efecto que tiene esta altura de la cama al momento de la siembra, es que se planteó el presente trabajo de investigación en Buenos Aires de Puntarenas en un área donde la temperatura promedio es de 24°C, máxima de 32°C y mínima de 18°C. Bajo un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 24 parcelas experimentales. Los tratamientos comprendieron cinco niveles de altura de cama de siembra (0cm, 8cm, 16cm, 24cm y 32cm) y un tratamiento con la preparación y encamado convencional, como un testigo comercial. Las variables de estudio evaluadas fueron el peso fresco y seco de tallos, hojas y raíces, las variables biométricas de la hoja D tales como el ancho, peso y longitud de hoja D, y el área foliar. Con la finalidad de comprender la ganancia y eficiencia de la planta en la producción de materia seca y relacionar esta materia seca con las interacciones de los factores climáticos, se realizó el análisis de crecimiento en función de los índices de crecimiento fisiológicos y morfológicos correspondientes a la tasa de crecimiento absoluto (TCA), y la variación en tasa media de crecimiento relativo (TMCR), donde las plantas cultivadas con altura de cama de 32cm presentaron mayor ganancia y eficiencia en la producción de materia seca durante el periodo de

evaluación (desde siembra preforzamiento). Se observó efecto de tratamientos mediante un Análisis de Varianza únicamente respecto al peso seco de raíz; sin embargo, se presentaron diferencias significativas entre la media del tratamiento correspondiente a camas de siembra de 32cm de altura con respecto a los demás tratamientos en las variables de peso seco de planta y peso seco de hojas. Además se presentaron diferencias significativas entre la Longitud de hoja D en plantas cultivadas en camas de 32cm de altura y 8cm de altura, con respecto a los demás tratamientos.

Palabras claves: Altura de cama de siembra, materia seca, área foliar, análisis de crecimiento, índices fisiológicos y morfológicos.

ABSTRACT

Soil preparation and bedding practices are fundamental to the growth and production of many crops, but few studies have been published demonstrating the effect of bed height on growth planting of pineapple (*Ananas comosus var comosus*) hybrid MD -2. The problem that involves this issue is that soil preparation and bedding practices by Pindeco Pacifico SA in all areas of production are carried out in summer, so not always scheduling planting dates coincide with the completion of these tasks, so sometimes there is a long interval between the bedding and planting crop. Although the company has a plant hedging program, how wide the interval between the bedding and planting increases erosion and soil loss, so that the height of the bed at planting time is diminished. In order to know the effect of this bed height at time of planting, is that it raised the present research in Buenos Aires de Puntarenas in an area where the average temperature is 24 ° C, maximum 32 ° C and minimum of 18 ° C. Under experimental complete Random blocks design with six treatments and four replications, for a total of 24 experimental plots. Treatments comprised five levels of seed bed height (0cm, 8cm, 16cm, 24cm and 32cm) and treatment with the preparation and conventional bedding, as a commercial control. The study variables evaluated were fresh and dry weight of stems, leaves and roots, weight, length and width of D leaf and total leaf area. In order to understand the gain and efficiency of the plant dry matter production and dry matter relate this to the interactions of climatic factors, a growth analysis based on physiological and morphological growth rates has been performed: absolute growth rate (TCA), and the variation in mean relative growth rate (TMCR), where plants grown with 32cm bed height had higher gain and efficiency in dry matter production during the evaluation period (from planting to artificial induction). Treatment effect was observed only with respect to root dry weight, however, there were significant differences between the corresponding treatment mean planting beds 32cm in height with respect to the other treatments in the variables plant dry weight and weight dry leaves. Furthermore, significant differences between leaf length D in

plants grown in beds of 32cm in height and 8cm in height with respect to the other treatments.

Keywords: planting bed height, dry matter, leaf area, growth analysis, physiological and morphological indices.

1. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica el cultivo de la piña *Ananas comosus* var *comosus*. se ha convertido en un pilar de desarrollo económico y social para el país, constituyéndose en una importante fuente de divisas y empleo. Por lo cual, se hace necesaria la implementación de buenas prácticas agrícolas y de conservación de suelo que mejoren la productividad y la rentabilidad de este cultivo a un menor impacto ambiental (Chaves 2011).

Los niveles de exportaciones actuales mantienen a Costa Rica como el primer país de exportación de piña fresca a nivel mundial, generando divisas con un valor FOB \$ 665,91 millones en el año 2010 (PROCOMER 2011). A su vez, el sector piñero genera cerca de 27.500 empleos directos y 110.000 indirectos, lo que lo constituye en una de las principales actividades generadoras de fuentes de trabajo (Chaves 2011).

La expansión que ha tenido el cultivo de la piña en Costa Rica, responde a una creciente demanda en el mercado internacional de esta fruta, particularmente el híbrido MD-2 o como se le conoce en el mercado piña Amarilla, Gold o Dorada. Esta expansión se ve reflejada en el área total dedicada a la producción de piña, que según Rodríguez (2000), para el año 1999 el área total sembrada era de 8.671,5 ha de las cuales la Región Brunca contaba con el 47,5%, siendo el cantón de Buenos Aires el principal productor de pina fresca. Sin embargo, en la actualidad el área total sembrada del cultivo se aproximan a las 45 000 ha, de las cuales la Región Brunca pasó tener un 17,5% del total de área sembrada, siendo actualmente el Cantón de San Carlos el principal productor (Chaves 2011).

El área sembrada de la Región Brunca corresponde en su totalidad a la Corporación de Desarrollo Agrícola Del Monte S.A. en la cual, la preparación de suelo y labores de encamado se realizan en verano, debido a que es en ésta época, donde las condiciones tales como: clima, humedad y resistencia del suelo a la penetración etc., favorecen la labranza.

Debido a que la preparación de suelo y el encamado se realizan en la época verano, no siempre la programación de la siembra coincide con estas fechas, por lo que en ocasiones se da un gran intervalo entre el encamado y la siembra del cultivo.

Aún cuando la empresa mantiene un programa de coberturas vegetales en las áreas preparadas y encamadas, lo amplio en el intervalo de tiempo entre el encamado y la siembra incrementa los procesos de erosión y pérdida de suelo de la cama, por lo que la altura de la cama al momento de la siembra se ve disminuida.

En la pérdida de suelo de la cama se ven involucrados muchos factores que favorecen el proceso de erosión tales como las condiciones climáticas, las características físicas del suelo, la vegetación y la topografía.

La planta de piña cuenta con un sistema radical muy superficial y frágil, por lo que es primordial realizar una buena práctica de labranza del suelo que permita una construcción eficiente de camas. Las camas con condiciones y altura ideales ayudan a mantener el área de las raíces bien aireadas con una humedad de suelo adecuada. Las camas según Jiménez (1999), son muy importantes en terrenos con pendiente para la conservación de suelo, si éstas se realizan adecuadamente.

Dada a la alta variación de altura de cama al momento de siembra del cultivo, la cual va a depender de la calidad de preparación de suelo, condiciones climáticas de la época, uso de coberturas vegetales, y topografía (pendiente), surge la siguiente interrogante: Existirá algún efecto sobre el crecimiento del cultivo de piña híbrido MD-2 (*Ananas comosus* var *comosus*) cultivado a diferente altura de cama de siembra.

En la actualidad no existe literatura científica sobre esta problemática, por esta razón se presenta la siguiente investigación con el fin de generar información sobre el tema y concientizar el sector Piñero sobre la importancia y efecto que

podría tener una buena práctica de encamado en el crecimiento del cultivo de piña híbrido MD-2 (*Ananas comosus* var. *comosus*).

1.1 **Objetivo general**

- Determinar el efecto de la altura de la cama de siembra sobre el crecimiento del cultivo en piña híbrido MD-2 (*Ananas comosus* var *comosus*) en Pindeco Pacífico, Sonador, Buenos Aires.

1.2 **Objetivos específicos**

- Determinar el peso seco de raíces, tallo y hojas de la planta de piña híbrido MD-2 cultivada a diferente altura de cama.
- Determinar las dimensiones (longitud, peso y ancho de la hoja D de la planta de piña híbrido MD-2 cultivada a diferente altura de cama.
- Determinar el Área foliar de la planta de piña híbrido MD-2 cultivada a diferente altura de cama.
- Determinar los índices de crecimiento fisiológicos (TCA, TCR) a partir de la materia seca total y el logaritmo de la materia seca total promedio de la planta de piña híbrido MD-2 cultivada a diferente altura de cama de siembra.
- Determinar los índices de crecimiento morfológicos (IAF, RPF, RPR, RPT) a partir de la materia seca total y el área foliar de la planta de piña híbrido MD-2 cultivada a diferente altura de cama de siembra.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución de la piña

La piña *Ananas comosus* var *comosus* es originaria de América del Sur específicamente del norte de Brasil (Jiménez 1999).

2.2 Descripción Taxonómica

La piña tropical pertenece al Orden de las *Bromeliales*, familia de las *Bromeliáceae*, subfamilia *Bromelioideae* (Bartholomew *et al.* 2003)

Según Bartholomew *et al.*(2003) la presente clasificación de la planta piña creada por Leal y Coppens d'Eeckenbrugge (1996), reagrupa a todas las piñas dentro del género *Ananas*.

La clasificación propuesta en 1979 por Smith and Downs, de siete especies diferentes dentro del género *Ananas*, fue degradada al nivel de cinco variedades botánicas de *Ananas comosus*. Por lo tanto la clasificación (*Ananas comosus* (L) Merr) pasó (*Ananas comosus* var *comosus*).

Según Chaverri (1980) citado por Camacho (2002), el género Ananás se distingue de otros miembros de la familia (Orquídeas y piñuelas) por tener el fruto de tipo sincarpo, mientras que los otros géneros los frutos individuales quedan libres.

2.3 Descripción Botánica

La piña es una planta herbácea perenne, monocotiledonea con un tallo que puede alcanzar hasta un metro de alto, y rodeado de 30 a 40 hojas formando una roseta, largas, gruesas y con espinas. Las variedades seleccionadas poseen espinas solamente en la punta de la hoja, en poco número, terminando en una punta fina y dura (Jiménez 1999).

2.3.1 Tallo

El tallo está anclado al suelo por medio del sistema radical, una vez desarrollado. Esta estructura posee las yemas para el desarrollo de retoños y raíces (Jiménez 1999).

Las dimensiones del tallo pueden variar entre 25 a 50cm de largo con 2 a 5cm en su parte inferior o base y de 5 a 8cm en su parte superior. Su parte aérea es de forma recta y erguida, mientras que su forma en la parte terrestre va a depender del material vegetativo de origen (Coppens d'Eeckenbrugge y Leal. 2003).

Es de forma muy curva, cuando el tallo proviene de un hijo de pedúnculo. Esta curvatura disminuye, si el tallo proviene de un retoño y es de forma erecta cuando proviene de una corona (Coppens d'Eeckenbrugge y Leal. 2003)

Una de las características principales del tallo de la planta de piña es la presencia de raíces adventicias rompiendo a través de la epidermis y creciendo alrededor del tallo entre las hojas (Bartholomew *et al.* 2003).

Según Malézieux *et al* (2003), el tallo incrementa progresivamente su masa después de la siembra, sin ningún cambio en su morfología hasta el momento del forzamiento o inducción floral, donde se pierde la dominancia apical y se da inicio al crecimiento de las estructuras reproductivas y la producción de retoños o hijos.

La importancia del tallo radica en que algunas plantas podrían almacenar reservas en forma de almidón en este órgano de la planta, durante su crecimiento, pero esta acumulación es variable de acuerdo a la edad y peso de la planta y las condiciones del ambiente (Malézieux *et al.* 2003).

Según Bartholomew *et al.* (2003), estudios en Hawái y Costa de Marfil, donde las temperaturas son cálidas y el crecimiento de la fruta es rápido, cerca de los 100 días después de forzamiento, se presenta una reducción en el contenido de materia seca del tallo y de su contenido de almidón, lo que indica una

movilización del almidón del tallo para ayudar a cubrir las demandas de carbono de la fruta. Según este autor, el almidón presente en las hojas también es movilizado para cumplir con la creciente demanda del rápido desarrollo de la fruta.

La intensidad e importancia de la movilización de los asimilados presentes en el tallo y hojas a la fruta va a depender de factores climáticos durante el llenado de la fruta y del balance existente entre la fuente y el sumidero. Esta movilización en Costa de Marfil, fue mayor en plantas grandes, por tener un mayor contenido de materia seca y posiblemente un mayor contenido de carbohidratos en forma de almidón para poder movilizar (Bartholomew *et al.* 2003).

2.3.2 Hojas

En una planta madura existen de 60 a 80 hojas adheridas al tallo, en un arreglo espiral (Jiménez 1999). Según Py *et al.* citado por Malézieux *et al.* (2003), Las hojas son de forma acanalada y le permiten a la planta recoger en su base cualquier precipitación o rocío, aspecto de gran importancia en la aplicación de fertilizantes foliares.

La producción de las hojas según Arroyo (1979), citado por Rodríguez (2000), se interrumpe hasta que las flores se han formado, luego el crecimiento apical reanuda el desarrollo de las hojas, para la formación de la corona, este crecimiento cesa cuando el fruto madura y entre en estado de letargo.

Según Jiménez (1999), las hojas reciben clasificaciones para conocer su edad y usos posteriores en análisis. La hoja A es la más vieja e incluso pueden haber hasta cuatro. La hoja D es la más madura y la más larga y se utiliza para análisis foliares de nutrición.

La hoja D está dividida en tres secciones: la base blanca, el medio y la punta. Según Jiménez (1999), la base blanca se usa para determinar los niveles de potasio, calcio, magnesio y fosforo; el medio se utiliza para determinar el

nitrógeno, hierro y azufre. Sin embargo, según Pindeco Pacifico S.A., se utiliza para análisis foliares solo la sección media de la hoja D.

La piña es una planta xerofítica; ya que morfológicamente está adaptada a ambientes áridos. Sus hojas son suculentas con un arreglo en espiral alrededor del tallo. La forma y orientación de las hojas de la planta de piña contribuyen a una economía y eficiencia en el uso del agua, canalizando a través de sus hojas las gotas de lluvia o humedad hacia la base de la planta (Schaffer *et al.* 1994).

Estas características mencionadas anteriormente, le confieren a la planta de piña ventajas morfológicas y fisiológicas importantes bajo condiciones de baja precipitación. Sin embargo, según Malézieux *et al.* (2003), en regiones tropicales con altas precipitaciones, el exceso de agua puede ser un factor limitante del crecimiento, como también, podría incrementar la susceptibilidad de la planta a enfermedades. El exceso de agua puede alterar el intercambio gaseoso del suelo, elevando los niveles de CO₂ y reduciendo el O₂, lo cual conlleva a una reducción en el crecimiento por una condición de anoxia en las raíces. Según Py *et al.* citado por Malézieux *et al.* (2003), la formación y persistencia de los pelos radicales, va a depender del oxígeno disponible en las raíces.

2.3.3 Hoja D

Sideris y Krauss (1936) citado por Malézieux *et al.* (2003), clasificaron las hojas en diferentes categorías basándose en la similitud, tamaño y edad de éstas. La categoría D, era un grupo de hojas que se caracterizaban por ser las más largas de la planta y por poseer una base quebradiza y suculenta. Sin embargo, con el paso del tiempo se volvió una práctica común aplicar el termino a una sola hoja, la cual por lo general es la hoja más larga de la planta.

Esta hoja es fácilmente identificable en la planta y es comúnmente usada como un índice de crecimiento y para la evaluación del análisis químico foliar (Malézieux *et al.* 2003).

2.3.4 Raíces

Las raíces son cortas y gruesas, crecen superficialmente. Se considera que la mayor concentración de raíces se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad (Guido 1983). Las plantas recién sembradas poseen raíces primarias de corta vida. La mayoría de las raíces son fibrosas, adventicias y secundarias. Las raíces que están en contacto con el suelo son cortas y huecas excepto en suelos bien aireados (Jiménez 1999).

Según Py citado por Saborío (2000), el sistema radical de la planta adulta depende esencialmente de las características físicas del suelo, estructura, aireación y humedad.

Las raíces en la planta de piña son principalmente raíces adventicias, estas forman un sistema corto y compacto alrededor de la base del tallo con numerosas raíces. Teóricamente en condiciones de suelo ideales, el sistema radical de la planta puede llegar a cubrir de uno a dos metros con una profundidad de 0.85 m (Coppens d' Eeckenbrugge *et al.* 2003).

Malézieux *et al.* (2003) afirma que existen pocos estudios disponibles acerca del crecimiento radical. Muchos autores como Raillaud *et al.*, Ikan. y Ekern, citados por Malézieux *et al.* (2003) concuerdan en la sensibilidad de las raíces de la planta de piña a la compactación del suelo, limitando el sistema radical, a solamente la capa arable. Según Py *et al.* (1987). ésta restricción de volumen de suelo a las raíces puede limitar la disponibilidad de agua a la planta.

Por el contrario, un buen drenaje del agua es crucial para el crecimiento exitoso de la planta, ya que las raíces son intolerantes a la pobre aireación del suelo (Malézieux *et al.* 2003). Es por esta razón que la implementación o uso de camas es una buena práctica cultural, que puede mejorar la aireación y porosidad de suelo, contribuyendo significativamente en el crecimiento del cultivo de la piña.

La mayoría de datos de estudios sobre el efecto del estrés hídrico en el crecimiento del cultivo se han realizado en potes. Pocos datos se han obtenido

para el efecto en el crecimiento vegetativo producto de un déficit de agua, según Sideris y Krauss citado por Malezieux *et al.* (2003).

2.3.5 *Inflorescencia*

La formación de la inflorescencia es antecedida por la presencia de una pigmentación rojiza de las últimas hojas verticales que la forman (Saborío 2000). La inflorescencia contiene de 100 a 200 flores dispuestas en espiral, fusionadas entre sí y con el tallo central (Chavarría 1996). La inflorescencia comienza en el ápice del tallo como un cono, el cual pasa por varias etapas y produce flores de color lavanda. Las flores de la base se abren primero y en el transcurso de 20 días todas las flores se han abierto (Jiménez 1999).

2.3.6 *Fruto*

La fruta está compuesta de 100 o más flores fusionadas y variable en forma y tamaño, la fusión de las flores da lugar a la formación de un fruto múltiple partenocárpico en el cual la cascara está formada por los sépalos y brácteas de cada flor (Py 1969).

Según Jiménez (1999), la piña es una fruta compuesta cuyo corazón es una extensión del pedúnculo y la fruta es un racimo de frutículos individuales.

2.4 **Requerimientos Agroclimáticos**

2.4.1 *Altitud*

Según Camacho (2002), el cultivo de la piña se desarrolla en condiciones favorables en altitudes que van desde los 100 hasta los 800 metros sobre el nivel del mar, aunque experiencias realizadas en diferentes partes del país indican que se pueden cultivar desde el nivel del mar.

2.4.2 Precipitación

El cultivo de la piña es poco exigente en agua debido a la morfología acanalada de sus hojas que le permiten un mejor aprovechamiento de la precipitación y humedad atmosférica. Lo que le confiere gran capacidad de resistir épocas secas (Saborío 2000). Sin embargo, según Castro (1998), citado por Rodríguez (2000), la falta de agua en la etapa inmediata después de la siembra y en inicio de la formación de la flor y el fruto, retarda el crecimiento de la planta y reduce el tamaño del fruto; de manera que el número de meses de sequía consecutivos por año no debe ser mayor de cinco, considerándose como apto de cero a tres meses.

El cultivo de la piña requiere una precipitación pluvial media entre 1500 y 3500mm. No obstante, cuando la piña se cultiva bajo regímenes de mucha precipitación, la calidad interna del fruto es menor (Chavarría 1996).

2.4.3 Temperatura

El principal factor climatológico que determina la proporción de crecimiento de las diferentes parte de planta y por lo tanto del desarrollo (Rodríguez 2000). Al ser un cultivo tropical la planta necesita un rango de temperatura que oscile entre los 24 °C a los 32 °C, siendo el óptimo 27°C (Camacho 2002).

Según Py (1969) y Rojas (1987) citado por Saborío (2000), las temperaturas más altas reducen notablemente el crecimiento de las hojas y la formación, maduración y calidad del fruto. El máximo crecimiento de las hojas y raíces sucede a temperaturas de 30°C a 31°C pero a temperaturas de 25°C se obtiene una mejor calidad de fruto.

En áreas donde la variación de temperatura es pequeña comparada con la variación de radiación, sobre todo en regiones cerca del ecuador, la radiación puede convertirse en un efecto determinante del crecimiento de las plantas. (Maléziux *et al.* 2003).

2.4.4 Luminosidad

Es un factor muy importante en el rendimiento del cultivo. La alta luminosidad favorece el rendimiento, la buena coloración de la cáscara y la buena calidad del fruto (Rodríguez 2000). Según Camacho (2002), la cantidad de luz está relacionada con la síntesis de carbohidratos, en las hojas y con la eficiencia en la utilización del nitrógeno por parte de la planta.

La luminosidad y fotoperiodo tiene un efecto importante en la fotosíntesis de la planta de piña debido a su particular sistema de fijación de carbono conocido como, el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM). Este mecanismo, sin entrar mucho en detalle, consisten en una fijación nocturna de CO₂ mediante la enzima Fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC) para forma (OAA), que luego mediante la enzima malato deshidrogenasa (MDH), se reduce a malato, el cual es almacenado temporalmente en las vacuolas, para luego ser utilizado como una fuente de CO₂ en la fotosíntesis convencional C₃, el día siguiente. El almacenamiento y utilización del malato como fuentes de CO₂ en la fotosíntesis es lo que le permite a la planta de piña cerrar sus estomas durante el día, cuando las temperaturas y tasas de evapotranspiración son mayores, confiriéndole a la planta capacidad de maximizar la eficiencia de agua (Schaeffer *et al.* 1994).

2.4.5 Vientos

El cultivo de la piña es susceptible a fuertes vientos, dado a que la planta se vuelque muy fácilmente por tener un frágil sistema radical (Py 1969). Los vientos secos aumentan la transpiración de la planta, produciendo desecamiento en el extremo de las hojas, por lo que se recomienda el uso de cortinas rompe vientos bajo condiciones de fuertes vientos (Aragón 1988).

2.4.6 Suelos

El tipo de suelo ideal para el cultivo de la piña es profundo, bastante permeable de fertilidad moderada y con un pH entre 4,5 y 6,0 (Saborío 2000). Un pH arriba de seis, según Camacho (2002), provoca una clorosis calcárea, por lo

que se da un déficit de hierro, debido a que la piña es una planta de reacción ácida. Por el contrario suelos con pH bajo dan lugar al apareamiento de deficiencias de potasio y calcio (Guido 1983).

Los suelos presentes en Buenos Aires pertenecen, la mayoría, al Orden de suelos ultisoles. En este Orden, se encuentran los suelos más meteorizados del país, que sometidos a un manejo intensivo comienzan a mostrar problemas nutricionales más acentuados (MAG 2010).

La permeabilidad del suelo, de la que depende la dinámica del agua, es un factor importante que constituye uno de los principales factores que limitan el cultivo de la piña en la región tropical (Jiménez 1999).

Si el drenaje es insuficiente para las precipitaciones de la zona, las raíces se ven afectadas por asfixia y hongos que progresivamente destruyen el sistema radical y acarrearán la muerte de plantas por la falta de drenaje y aireación (Jiménez 1999).

Según Guido (1983), debe evitarse hasta donde sea posible el uso de suelos pesados y arcillosos porque estos tienen un drenaje deficiente, aunque si resulta necesario utilizarlos, las plantas deben sembrarse en cama o camellones.

2.5 **Preparación del suelo**

Entre las labores más importantes para el establecimiento de una plantación de piña está la adecuada preparación del terreno, ya que el suelo debe ofrecer las mejores condiciones de permeabilidad (Saborío 2000). Las exigencias edáficas de la piña están determinadas por un elevado requisito de oxígeno debido a un sistema radical frágil y superficial (Aragón 1998).

Según Rodríguez (2000), el número de pases de rastra dependerá de las condiciones físicas del suelo, siendo adecuado que el terreno quede bien desmenuzado y libre de residuos de vegetación sin descomponer. Según Guido

(1983), se recomienda dejar un intervalo de dos a cuatro semanas entre los pases de rastra para proporcionar el control de malezas y la muerte de nematodos por la exposición de estos a la acción del sol.

Según Castro citado por Rodríguez (2000), dentro de las labores de preparación de terreno, el subsolado del suelo se considera una práctica beneficiosa en la actividad, principalmente si el suelo presenta problemas de permeabilidad.

La descripción de labores para la preparación de suelo óptima según el MAG (2010), después de la derriba, inicia con un pase de rastra para romper el horizonte de suelo, e incorporar y disminuir la maleza, luego se realiza un segundo pase de rastra en sentido contrario. Un tercer pase de rastra es optativo, y se realiza únicamente si no se ha logrado una adecuada incorporación. Luego de la labor de rastra se utiliza un subsolador con el propósito de obtener un mejor drenado interno y darle una mayor aireación al suelo.

La profundidad de la labor de subsolador dependerá de las condiciones del suelo y de la humedad que esté presente. El MAG (2010), recomienda realizar dos pasadas de subsolador; la última pasada en sentido contrario.

El número de veces que un área es rastreada y subsolada depende del grado de compactación obtenido durante el derribo, el secado de los terrones después de la labranza inicial y el tipo de suelo. El grado de compactación está directamente relacionado con el contenido de humedad del suelo al inicio de las labores (Jiménez 1999).

La labranza del suelo tiende a disminuir temporalmente la densidad aparente y aumentar la porosidad total del suelo superficial o capa arable. Una baja densidad aparente causa un rápido secado del suelo y déficit de agua para las plantas, mientras que una alta densidad aparente puede causar una mala aireación y alta resistencia mecánica a la penetración de la raíz según Mora citado por Camacho (2002).

2.6 Encamado

La labor de encamado según Castro citado por Rodríguez (2000), se realiza después de haber concluido la preparación convencional del terreno. La construcción de las mismas es regulada por la programación del avance de siembra. En zonas donde la construcción ideal de camas no es la más adecuada debido a la época de precipitación, es preferible construirlas en época seca y se controla malezas en pre-siembra.

Según Bartholomew *et al.* (2003), el objetivo principal de la preparación y el encamado es obtener una buena condición de suelo que promueva el contacto con el material vegetal utilizado para la siembra para un rápido y buen desarrollo de las raíces.

Según Hepton (2003), el crecimiento de la planta de piña se puede ver mejorado utilizando camas de siembra altas, ya que se incrementa el volumen de suelo disponible para el sistema radical, se mejora la aireación y se brinda un mejor drenaje.

Según Gassen y Gaseen citado por Camacho (2002), la densidad aparente y porosidad del suelo está directamente relacionada con el desarrollo y crecimiento de las raíces, aireación, y absorción de agua, así como otras actividades biológicas.

Según Rodríguez (2000) en la finca Ganadera La Flor S.A., localizada en Rio Cuarto de Grecia, con una precipitación anual de 3.000 a 3.500mm y una temperatura promedio de 24,5 °C, la construcción de las camas se realiza con una encamadora, la cual logra obtener montículos de 0,60 m de superficie plana y una altura de 0,25m, con una distancia de 1,14 m entre centros de cama.

A pesar de que esta labor se realiza con personal con gran experiencia, en algunas ocasiones por condiciones de clima y terreno (topografía) no se logra obtener las camas del tamaño y altura deseada afectando la densidad de siembra.

Según Jiménez (1999), un suelo mullido que permita la construcción de camas es muy importante en áreas húmedas, ya que ayudan a mantener el área de las raíces con poca humedad y bien aireadas, además sirven como guías a la hora de la siembra.

2.7 **Siembra**

La siembra de una plantación se puede realizar en surcos simples, dobles o triples. A nivel del suelo o sobre camas. Se recomienda sembrar las plantas en tresbolillo o pata de gallo para prevenir en parte la erosión y aprovechar mejor el espacio y la luz (Barahona 1998).

Según Castro (1998) citado por Rodríguez (2000), la siembra se realiza en forma manual utilizando una “chuzá”. No es conveniente enterrar mucho la planta en el suelo, pues la caída de la tierra en su cogollo o punto de crecimiento puede causar algún daño en su crecimiento apical y predisponer la planta al ataque de hongos de suelo que pueden causar la muerte de está.

En el cultivo de la piña se utilizan una amplia variedad de materiales vegetativos para la siembra, cuya morfología va a depender del origen o extracción de cada uno de ellos en la planta. Según Hepton (2003), al comparar los diferentes materiales vegetativos o propágulos, la tasa de crecimiento de estos y el tamaño de la planta, al final va a estar influenciada primeramente por la cantidad de reservas de almidón presente, por la cantidad de hojas que posea y por la frescura del material vegetal, factores que en el campo se controlan muy poco.

El crecimiento y desarrollo del cultivo de la piña se encuentra determinado por un complejo de factores climáticos y propios del cultivo. Sin tener en cuenta el efecto que pueda tener los factores ambientales, el incremento del peso fresco de la planta está determinado primeramente por el peso inicial del material vegetativo utilizado al momento de la siembra y las condiciones de suelo (Alvim y Koslowski 1977).

Un aspecto importante al momento de la siembra es brindar a los hijos de pedúnculo un buen contacto entre el suelo y el material vegetal para promover el crecimiento rápido de raíces. Este material según Hepton (2003), los hijos de pedúnculo pueden ser sembrados a una profundidad entre diez a 15cm sin ningún efecto adverso, sin embargo, en la práctica, la profundidad siembra comercial realizada por Pinedco Pacifico para este tipo de material fue entre cinco a diez centímetros.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta, es el establecimiento de las raíces después de sembrarse. La aireación y la humedad en el suelo alrededor de las raíces juega un papel fundamental para estimulación del crecimiento de la raíces. Una alta humedad sin una aireación adecuada puede provocar problemas de enfermedades, mientras que una baja humedad puede ocasionar retrasos en la emergencia de la raíces y aumentar la variabilidad en el crecimiento y consecuente desarrollo (Bartholomew *et al.* 2003).

2.8 **Área Foliar**

El área foliar es un parámetro ampliamente utilizado en estudios de la ecofisiología de cultivos (Astegiano *et al.* 2001), ya que se encuentra muy relacionada con la eficiencia fotosintética de las plantas.

El área foliar adquiere gran importancia en el análisis de crecimiento de las plantas, ya que según Radford (1967), al aplicar las técnicas de análisis de crecimiento en estudios con plantas se requiere como mínimo una medida de la cantidad de materia vegetal presente (materia seca) y una medida del sistema asimilatorio (área foliar) de las plantas y a partir de estas medidas se pueden computar los diferentes índices y parámetros de un análisis de crecimiento sencillo.

Según Astegiano *et al.* (2001) existen diferentes métodos para la determinación del área foliar, los cuales pueden clasificarse en destructivos y no destructivos, tanto directos como indirectos.

La mayoría de los métodos directos aunque sean más precisos, resultan excesivamente laboriosos y requieren de equipos de alto costo y en ocasiones no fácilmente utilizables, principalmente con hojas de gran tamaño o profundamente lobuladas (Astegiano *et al.* 2001). Por esta razón muchos investigadores han tratado de desarrollar procedimientos de fácil ejecución para la determinación o estimación del área foliar (Solórzano 1976).

Dentro de los métodos indirectos más destacados según Astegiano *et al.* (2001), se encuentra los utilizados por Coombs y Hall (1982); Goenaga y Singh (1996), los cuales realizan estimaciones a partir de correlaciones alométricas de las magnitudes de las hojas y su área foliar. A su vez, autores como Andrieu *et al.* (1997) y Welles y Norman (1991). citados por Astegiano *et al.* (2001) describen el uso de mediciones del grado de cobertura del suelo, o relaciones entre la penetración de la radiación y la estructura de la cubierta vegetal.

Según Astegiano *et al.* (2001), la estimación del área foliar basada en las características alométricas (relaciones entre órganos) de su crecimiento permite superar la dificultad operativa que presenta su determinación en hojas grandes como las cucurbitáceas o compuestas imparipinnadas como el tomate. Las funciones producto de las relaciones entre una o dos dimensiones lineales de las hojas, según Kvet y Marshall (1971) según Astegiano *et al.* (2001), varían entre especies, estadio de desarrollo, genotipo, estación de crecimiento y edad de las hojas.

La selección del método de determinación del área foliar según Astegiano *et al.* (2001), va a depender del objetivo para la cual se realiza la medición, del nivel de precisión deseado en el trabajo, del tamaño de la muestra, de la morfología de la hoja y de la disponibilidad de tiempo y equipo por parte del investigador.

La superficie de área foliar se logró medir mediante el método de discos foliares de Watson y Watson (1953) citado por Martín *et al.* (2006). Este método destructivo pero de fácil aplicación consiste en extraer discos foliares de la hoja,

para luego relacionar el peso de las hojas con el peso y área de los discos extraídos.

2.9 **Análisis de crecimiento**

Según Hunt (1978), citado por Hernández *et al* (1995), el análisis de crecimiento es una aproximación cuantitativa para entender el crecimiento de una planta o de una población de plantas bajo condiciones ambientales naturales o controladas.

Actualmente, según, Rodríguez y Leihner (2006) existen principalmente dos metodologías para el análisis de crecimiento de plantas; el análisis de crecimiento clásico y el análisis funcional del crecimiento.

El enfoque del análisis de crecimiento clásico consiste en pocos muestreos pero cada uno de ellos compuesto por varias repeticiones, contrario al enfoque del análisis funcional, donde el número de repeticiones es bajo pero la frecuencia o número de muestreos es muy alta (Rodríguez *et al.* 2006).

La elección de la metodología más idónea, dependerá de varios factores principalmente del propósito u objetivo del trabajo de investigación, así como el costo o cantidad de trabajo que este demande, dependiendo del tamaño de la muestra o frecuencia de muestreo.

Según Rodríguez *et al.* (2006), el enfoque clásico es más adecuado cuando el propósito principal de una investigación no es la descripción del crecimiento de un cultivo, sino la comparación del efecto de tratamientos de interés sobre este. Por lo que el análisis de crecimiento clásico estaría cumpliendo la función de apoyar una hipótesis o contribuir a determinar las posibles causas de un resultado.

Debido a que el presente trabajo de investigación presenta pocos muestreos y su objetivo es comparar el efecto de diferentes alturas de cama de siembra sobre el crecimiento y sanidad del cultivo, se seleccionó el análisis de

crecimiento clásico como una herramienta para poder apoyar la hipótesis del trabajo o discutir los resultados del efecto de los diferentes tratamientos.

Dentro del enfoque del análisis clásico se puede evaluar el efecto de factores externos sobre el crecimiento en función de Índices fisiológicos y morfológicos.

Según Malézieux *et al.* (2003), las plantas responden fisiológicamente a varios factores de clima simultáneamente, por lo que se hace difícil relacionar el clima con sus efectos fisiológicos, procesos de acumulación de materia seca, proporción de esta materia seca total en la planta y su producción. Esta afirmación aplica para muchos cultivos, pero según este autor, es un problema particular en el cultivo de la piña, por su compleja interacción del clima con su mecanismo de fijación de carbono, tipo CAM, su uso eficiente del agua y sus procesos de crecimiento.

Los índices morfológicos según Bertsch, (1995) describen la distribución de la biomasa en la planta en un momento determinado. Los principales parámetros morfológicos utilizados en la actualidad y que fueron evaluados en este trabajo de investigación son: la razón de área foliar (RAF), la razón de peso foliar (RPF), el área foliar específica (AFE), la razón de peso radical (RPR), el índice de área foliar (IAF), la relación de raíces a hojas (RRH), la relación de raíces a tallo (RRT), la relación de tallo a hojas (RTH).

Los índices fisiológicos en síntesis describen la ganancia y eficiencia de la planta en la producción de materia seca. Los principales parámetros fisiológicos utilizados actualmente son: la tasa de crecimiento absoluto (TCA), la tasa de crecimiento relativo (TCR) y la tasa de asimilación neta (TAN).

2.9.1 Índices Morfológicos

a) Índice de Área Foliar

El índice de área foliar es un buen indicador de la productividad de un cultivo, ya que considera el área foliar existente por unidad de área de terreno. Es decir es el área foliar de un grupo de plantas entre el área de terreno ocupada por estas.

$$1) IAF = \frac{Hc}{A} \left[\frac{m^2}{m^2} \right]$$

Donde el Hc representa el área foliar y A, el área de terreno.

b) Razón de peso foliar

La razón del peso foliar (RPF) es un índice de la cantidad de follaje de la planta expresado con respecto a su peso total. En otras palabras, es una proporción del peso de hojas entre el peso total de la planta.

$$2) RPF = \frac{H_p}{P} \left[\frac{g}{g} \right]$$

Donde, el H_p es el peso seco de hojas y el P, el peso seco total de planta.

c) Razón de peso radical

La razón del peso radical (RPF) es un índice de la cantidad de raíz de la planta expresado con respecto a su peso total. En otras palabras, es una proporción del peso de raíces entre el peso total de la planta.

$$3) RPF = \frac{H_p}{P} \left[\frac{g}{g} \right]$$

Donde, el H_p es el peso seco de raíces y el P, el peso seco total de planta.

d) *Razón de peso de tallo*

La razón del peso de tallo (RPT) es un índice de la cantidad de tallo de la planta expresado con respecto a su peso seco total. En otras palabras, es una proporción del peso de hojas entre el peso total de la planta.

$$4) RPF = \frac{H_t}{P} \left[\frac{g}{g} \right]$$

Donde, el H_p es el peso seco de hojas y el P , el peso seco total de planta

2.9.2 *Índices fisiológicos*

e) *Tasa de crecimiento Absoluto*

La tasa de crecimiento absoluto (TCA) muestra la ganancia de materia seca de una planta o cultivo en un periodo determinado.

$$5) TCA = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \left[\frac{g}{dia} \right]$$

La ecuación anterior indica el aumento de peso ($P_2 - P_1$), en un determinado intervalo de tiempo ($T_2 - T_1$).

f) *Tasa de crecimiento relativo*

Según Rodríguez y Leihner (2006), la tasa de crecimiento relativo es en síntesis “un índice de la eficiencia de la planta para producir materia seca”. Ya que según Hunt (1978), citado por Hernández *et al.* (1995), este índice expresa el incremento en peso seco en un intervalo de tiempo con relación a un peso inicial.

$$6) TMCR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{T_2 - T_1} [g g^{-1} d^{-1}]$$

La ecuación anterior representa la tasa media de crecimiento relativo, a partir del logaritmo natural del peso seco en un intervalo de tiempo.

A su vez, la TCR se puede calcular mediante el producto de la TAN por la RAF como se muestra en la ecuación siguiente:

$$7) \quad TCR = TAN \times RAF \ [gg^{-1}d^{-1}]$$

Esta ecuación según Rodríguez *et al.* (2006), sugiere que el crecimiento relativo de una planta va a depender tanto de la eficiencia de la hojas como productoras de materia seca, como de la proporción de hojas presentes en la planta.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

El trabajo de investigación se realizó en la Finca Somos Verdes en Pindeco Pacifico, ubicada en la localidad de Sonador, en distrito de Volcán, en el cantón de Buenos Aires, provincia de Puntarenas (Figura 1).

El ensayo se ubicó una altura de 535msnm, en una Longitud de $83^{\circ}30'7,25''$ O y latitud de $9^{\circ}13'35,28''$ N. La temperatura promedio es de $24,9^{\circ}\text{C}$, con una temperatura máxima de $30,2^{\circ}\text{C}$ y mínima de $19,6^{\circ}\text{C}$. La localidad presenta una estación seca y lluviosa muy marcadas, con una precipitación promedio anual de 3209mm y una media mensual de 172,8 horas sol.

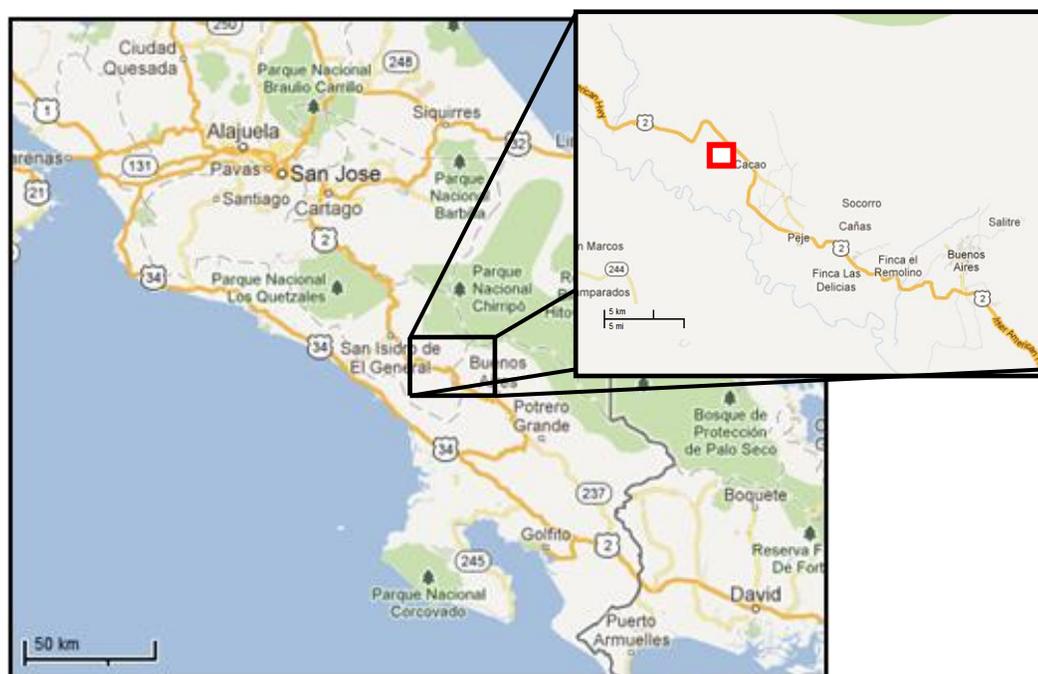


Figura 1. Mapa de ubicación de estudio del efecto de la altura de cama de siembra sobre el crecimiento del cultivo de Piña en Sonador de Volcán, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

3.2 Periodo del estudio

El trabajo de investigación comprendió desde febrero del 2012 hasta diciembre del mismo año. El periodo de evaluación y toma de muestras comprendió desde junio del 2012 hasta diciembre del mismo.

3.3 Tratamientos

El experimento comprendió de seis tratamientos, los cuales consistieron en cinco niveles de altura de cama y un tratamiento con el encamado y preparación de suelo convencional por Pindeco Pacífico, como testigo comercial.

Los diferentes niveles de altura se determinaron tratando de mantener una proporción adecuada u ortogonalidad entre tratamientos, manteniendo un incremento de 8cm de altura en cada tratamiento (Figura 2), teniendo así una altura de cero centímetros que corresponde un tratamiento sin cama, hasta llegar al quinto tratamiento de 32cm de altura de cama (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos a utilizar en estudio del efecto de la altura de cama sobre el desarrollo del cultivo de piña híbrido MD-2 en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento	Altura de cama (cm)
1	0
2	8
3	16
4	24
5	32
6	Testigo Comercial (25cm)

La altura correspondiente al tratamiento testigo se midió una vez seleccionada la sección donde se realizó el trabajo de investigación por medio de un medidor de cama individual (Figura 6) (Figura 9).

Al tratamiento que correspondió al testigo comercial no se le agregó, ni removió suelo, pero si comprendió los respectivos muestreos correspondientes a las distintas variables de estudio.

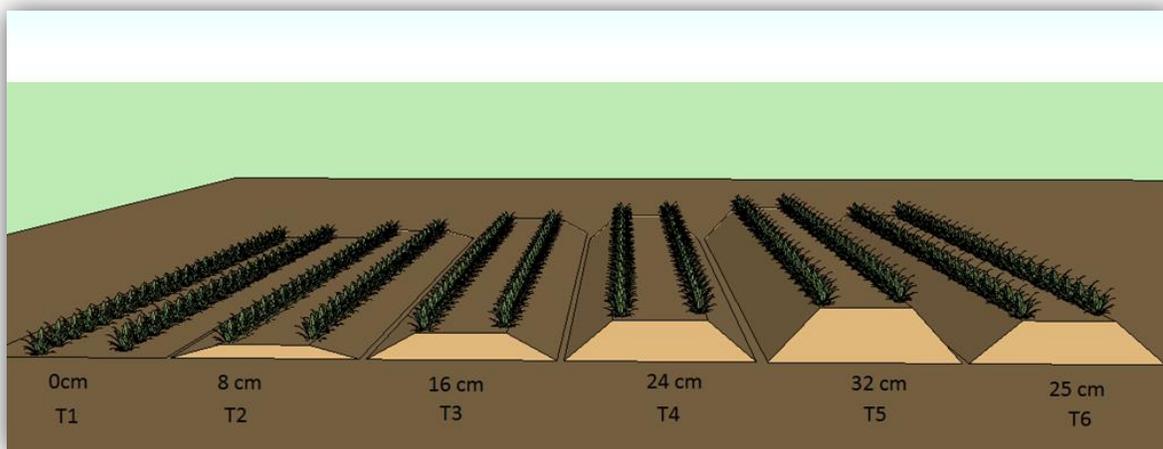


Figura 2. Diagrama en 3D representativo de los diferentes niveles de altura de cama para cada tratamiento en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas 2012.

3.4 Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado para este trabajo de investigación fue un modelo de Bloques Completos al Azar (DBCA) con muestreo, con un arreglo de tratamientos de tipo cuantitativo de seis niveles y cuatro repeticiones para un total de 24 parcelas experimentales.

Se seleccionó el modelo estadístico de Bloques Completos al Azar con una distribución de los bloques de 2x2, debido a dos factores importantes: la pendiente y la manera en que se realizan las aplicaciones foliares.

El modelo experimental se planteó con muestreo debido a que no se procedió a medir toda la parcela experimental, sino que se tomaron muestras representativas de esta.

El modelo estadístico y sus fuentes de variación son:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij} + \gamma_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} : Variable dependiente (Observación).

μ : Promedio de media

T_i : Tratamiento

β_j : Bloque

ϵ_{ij} : Error Experimental

γ_{ijk} : Error de muestreo

3.5 **Área experimental**

El área experimental del presente trabajo consistió en 2.640m² que corresponden a 24 parcelas experimentales. Estas parcelas se distribuyeron aleatoriamente en cuatro bloques de muestreo con seis tratamientos cada uno a lo largo de la sección del lote comercial seleccionado (Figura 3).

Los bloques experimentales se distribuyeron a lo largo de la sección seleccionada, sin ubicar parcelas en el centro de la sección, debido a los traslapes que se presentan durante la ejecución de las aplicaciones foliares, los cuales podrían afectar la homogeneidad de la nutrición y por lo tanto afectar los tratamientos.

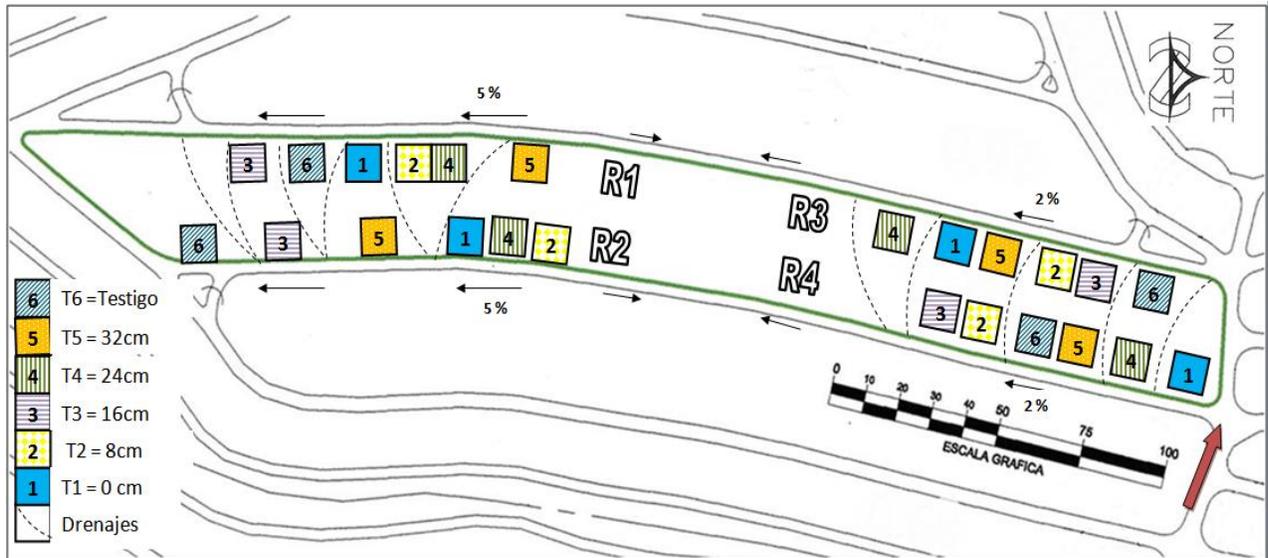


Figura 3. Croquis del área experimental con su respectiva distribución y orientación de las 24 parcelas experimentales y cuatro bloques de muestreo o repeticiones.

3.5.1 Parcela experimental

Los tratamientos consistieron en parcelas experimentales de diez metros de longitud y diez camas de ancho. Lo que dio un total de 110m^2 por parcela experimental.

La densidad de siembra utilizada en las parcelas experimentales fue de 72 895 plantas/ha, con una distancia de siembra de 25,4cm (10") entre planta y 45,7cm (18") entre hilera.

Parcela Útil

El área útil de la parcela fue de ocho camas de ancho por 9m de longitud, lo que redujo el área a $79,2\text{m}^2$, debido a que no se tomaron en cuenta las camas de los extremos de la parcela experimental, ni tampoco medio metro a cada lado de esta (Cuadro 2) (Figura 4).

Cuadro 2 Dimensión, área y cantidad de plantas aproximadas de la parcela experimental y parcela útil, así como su respectiva área de bordes y subparcela destinada para cosecha.

	Dimensiones	Área (m²)	Plantas/área
Parcela Experimental	10 camas (11m) de ancho x 10m de longitud	110	802
Subparcela de Cosecha	4 camas (4,4m) de ancho x 3m de longitud	13,2	96
Área de bordes	Una cama de O-E y 0,5m de N-S.	30,8	225
Parcela útil	(8 camas (8,8m) de ancho x 9m de longitud) – subparcela de cosecha	66	481

Además dentro del área útil de la parcela experimental se incluyó un área pequeña de cuatro camas de ancho por tres metros de longitud que se destinó para evaluación de producción y calidad de fruta.

En esta área no se realizó ningún tipo de muestreo hasta el momento de la cosecha y consistió en 13,2m², por lo cual, se contó de acuerdo a la densidad de siembra con 96 plantas por parcela experimental.

La parcela útil para este trabajo de investigación consistió en 57,2m² y correspondieron aproximadamente a 417 plantas/parcela útil para realizar los muestreos y mediciones respectivos que permitirán el análisis de las diferentes variables de estudio (Figura 4).

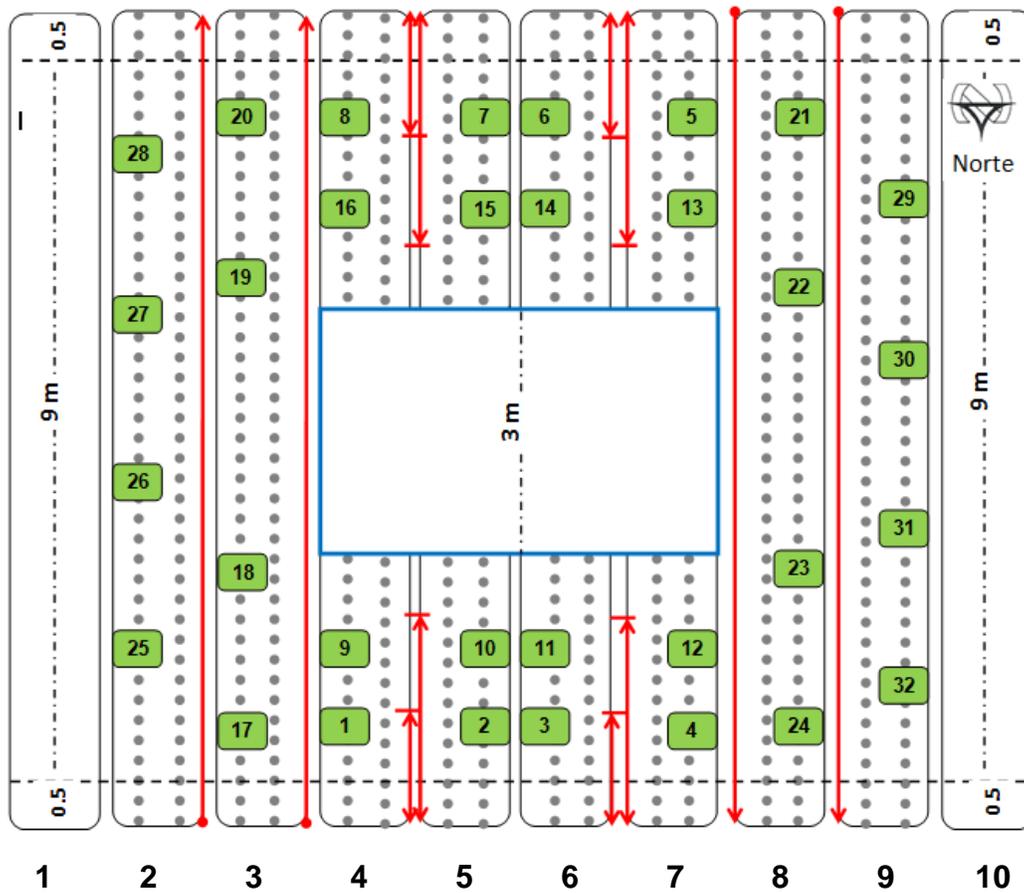


Figura 4. Croquis representativo de la parcela útil, con sus respectivos puntos de muestreo (Cuadros verdes: muestreos para peso fresco y seco de raíz, tallo y hojas, y longitud, ancho y peso de hoja D). El área delimitada en azul es el área destinada para cosecha. Las flechas de color rojo indican las rutas de ingreso y salida a la parcela experimental para la toma de muestras.

3.6 Variables de estudio

En el cuadro 3, se presenta un resumen de los métodos de medición, frecuencia de muestre, periodo de observación y cantidad de plantas de las variables de estudio.

Cuadro 3. Descripción de variables para estudio del efecto de la altura de cama de siembra sobre el crecimiento del cultivo de piña híbrido MD-2 en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Variable de estudio	Método de medición*	Frecuencia de Muestreo	Periodo de observación	Cantidad de plantas
Peso fresco raíz, tallos y hojas	Muestreo destructivo	Cuatro	Transcurridos 3, 5, 7 MDS** y al forzamiento	Ocho plantas por parcela
Peso seco raíz, tallos y hojas	Muestreo y determinación de materia seca al horno	Cuatro	Transcurridos 3, 5, 7 MDS y al forzamiento	Cuatro plantas impares por parcela
Longitud, ancho y peso de hoja D	Muestreo y medición con cinta métrica en cm.	Cuatro	Transcurridos 3, 5, 7 MDS y al forzamiento	Hoja D de las plantas muestreadas para la variable de peso fresco.
Área Foliar	Metodología de extracción de discos foliares	Cuatro	Transcurridos 3, 5, 7 MDS y al forzamiento	Hoja D de las plantas muestreadas para la variable de peso fresco

*Los métodos de muestreo y medición se describirán más adelante en procedimiento.

**MDS: Meses después de siembra

3.7 Procedimiento

3.7.1 Selección del área experimental

Se realizó una selección del lote más adecuado para llevar a cabo este trabajo, tomando en cuenta la ubicación del lote, la época de preparación de suelo, las características del lote (topografía, pendiente, área total), y la programación de siembra del lote. El intervalo entre la preparación de suelo y la fecha de siembra del lote debía ser lo más cerca posible para evitar así pérdidas de altura de cama por la erosión de esta.

Una vez seleccionado el lote donde se realizaría el trabajo, se procedió a seleccionar la sección comercial en la cual se ubicó el área experimental (Figura 5).



Figura 5. Sección comercial seleccionada por su ubicación, características físicas y fecha de siembra programada en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

3.7.2 Construcción de la parcela experimental

Las parcelas experimentales se construyeron a partir de las camas ya establecidas por la preparación y encamado.

Primeramente se marcaron con estacas y piola de color naranja, todas las parcelas experimentales. Luego de haberse marcado las parcelas, se

distribuyeron e instalaron los rótulos con la identificación de los tratamientos y bloques de muestreo o repeticiones de acuerdo al croquis del área experimental.

Una vez identificada y marcada la parcela experimental, se midió la altura de las camas y a partir de esta medición se determinó según el tratamiento que corresponda si se debía añadir o remover suelo para obtener la altura deseada del tratamiento.



Figura 6. Medición individual de altura de cama de cada parcela experimental por tratamiento en Pindeco Pacífico, Sonador, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Las parcelas que se ubicaron muy cerca entre ellas, requirieron la construcción de un pequeño drenaje para dividir las, con el fin de evitar que la erosión del suelo y sedimentos sean depositados en la parcela siguiente, viéndose afectado el tratamiento.



Figura 7. Drenaje construido entre parcelas experimentales cercanas durante la investigación ejecutada en Pindeco Pacifico, Sonador, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

La remoción o adición de suelo se llevó a cabo utilizando una pala para lograr la altura deseada.



Figura 8. Construcción de los tratamientos experimentales utilizando una pala para lograr la altura de cama deseada en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Luego de haberse logrado la altura deseada, con la ayuda de un molde que se confeccionó para este trabajo de investigación, se pasó por encima de la cama, con el fin de obtener una mejor conformación de esta, simulando el efecto que realiza la encamadora.



Figura 9. Construcción y conformación de la cama de siembra con la ayuda de un molde encamador, diseñado y construido con base en la altura de cama correspondiente a cada tratamiento en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Los diferentes moldes se construyeron con la altura y dimensiones características de la cama para cada tratamiento, exceptuando el tratamiento que corresponde al testigo comercial.

3.7.3 Caracterización de la parcela experimental.

Una vez establecidos los tratamientos y conformadas las camas, se realizaron los muestreos de suelo a cada tratamiento con el fin de realizar pruebas de densidad aparente y conductividad hidráulica para observar la porosidad e infiltración que presenta el suelo. Además se realizaron análisis químicos del suelo para determinar la fertilidad de este.

Las muestras para la prueba de densidad aparente y conductividad hidráulica, se tomaron en tres momentos diferentes: antes de siembra, a los tres meses después de sembrado y al forzamiento.

3.7.4 Siembra

El material vegetativo utilizado en la presente investigación fueron hijos de pedúnculo, llamados también Slips, en inglés. Estos hijos se caracterizan por presentar una forma curva en la base, ya que estos materiales son extraídos del

pedúnculo por debajo o alrededor de la fruta. El comportamiento de estos hijos con respecto a la duración del ciclo desde la siembra hasta la cosecha, por lo general es intermedio entre los materiales de corona y los retoños, posiblemente porque también muestra un tamaño intermedio entre ambos materiales (Hepton 2003)(Figura 10).

La siembra se realizó en tresbolillos a una distancia entre planta a diez pulgadas (25,4 cm) y entre hilera a 18 pulgadas (45,7 cm).



Figura 10. Siembra de los diferentes tratamientos con hijos de pedúnculo entre 170,1 y 226,8g (Slips de 6 a 8 oz) en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

La siembra de las plantas se realizó para todas las parcelas experimentales el mismo día, en la época de verano. En esta época la precipitación es muy poca y la temperatura promedio y radiación son altas. Para el año 2012, el mes de marzo registró en la estación meteorológica de Sonador, la cual se ubica a tres kilómetros del área experimental una precipitación mensual de 85,33ml, una temperatura promedio de 24,66C°, y un acumulado de radiación de 589,45MJ/m².

Debido a estas condiciones de baja precipitación, y altos valores de radiación y temperaturas en la época de verano, es que la Compañía aplica un programa de riego por aspersion. En las primeras etapas del cultivo, inmediatamente después de la siembra se realiza un riego, conocido como “lámina

de anclaje”. Esta lámina de agua aplicada al cultivo tiene dos objetivos principales: el movimiento de las partículas finas del suelo alrededor de la base del hijo de pedúnculo para promover el contacto del suelo con el material vegetal; y brindarle al hijo la humedad necesaria para la estimulación del crecimiento de raíces.

3.7.5 Muestreo

g) Toma de muestras.

La distribución de los puntos de muestreo para las variables de peso fresco de raíz, tallo y hojas, se realizó de manera sistemática, como se muestra en la Figura 4, distribuyendo los puntos de muestreo de tal forma que al momento de ingresar a la parcela experimental, las plantas a evaluar no se vieran perjudicadas o maltratadas durante la toma de muestra o muestreos anteriores.

Se realizaron cuatro muestreos a lo largo del periodo de investigación hasta la etapa de forzamiento o Inducción artificial, tomando ocho plantas por parcela en cada muestreo (Cuadro 3).

Las plantas muestreadas para las variables de peso fresco y seco de raíz, tallo y hojas fueron debidamente identificadas con un número entre el rango de (1-32). Esta numeración se realizó para facilitar la ubicación de las muestras en la parcela experimental y el procesamiento de los datos obtenidos.

Durante los muestreos de las variables de peso fresco y seco de raíz, tallo y hojas, se siguió una secuencia dentro de la parcela experimental determinada por la fecha del muestreo y el número de identificación de las plantas a muestrear (Figura 4) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Plantas muestreadas para las variables de peso fresco y seco de raíz, tallo y hojas y su fecha de muestreo.

Fecha de Muestreo	Puntos de Muestreo
3 MDS*	Plantas de la uno a la ocho
5 MDS	Plantas de la nueve a la 16
7 MDS	Plantas de la 17 a la 24
Al forzamiento (9 MDS)	Plantas de la 25 a la 32

*MDS: Meses después de siembra

Luego de haber seleccionado las plantas en los puntos de muestreo se procedió a realizar su extracción.

En la metodología de extracción de plantas para los muestreos de las variables de peso fresco de raíz, tallo y hojas, se determinó un volumen de suelo de 26 x 23 x 25cm de profundidad, el cual se extrajo con la ayuda de un palín graduado a 25cm. Este volumen de suelo con raíz se tomó a partir del borde externo de la planta hacia el interior de la cama con 13cm a ambos lados de la planta (Figura 11).

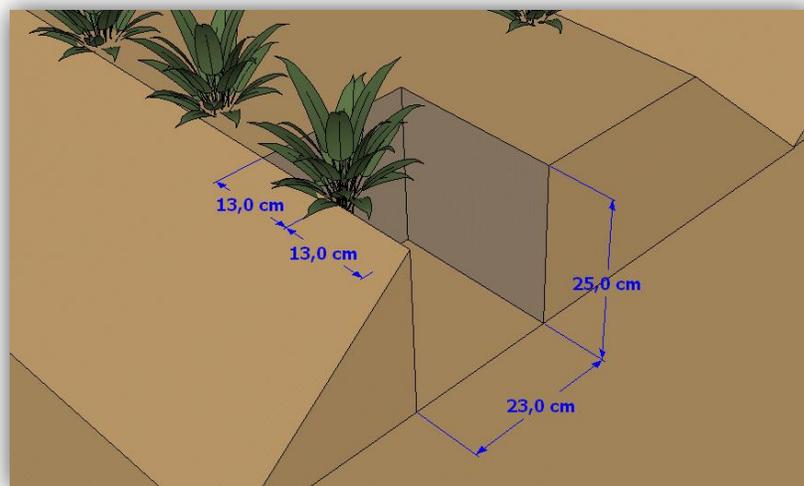


Figura 11. Diagrama en 3D representativo del volumen de suelo extraído, para la toma de muestra de raíz en estudio del efecto de altura de cama de

siembra sobre el crecimiento del cultivo de piña, Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Al momento de la extracción de las raíces con suelo, se eliminó el exceso de éste observando cuidadosamente que no se desprendieran raíces de la planta. Luego, estas raíces con suelo adheridas todavía a la planta, fueron introducidas en una bolsa plástica transparente para evitar alguna pérdida de raíces durante el transporte al laboratorio para su procesamiento.

La identificación de la muestra en el campo se realizó utilizando un marcador permanente y anotando a cada muestra el número de repetición, tratamiento y planta, en la hoja D de la planta y en la bolsa plástica transparente.

h) Procesamiento de muestras

Una vez en el laboratorio, las muestras se clasificaron y separaron de acuerdo a su tratamiento y número de planta respectivo. En una pila y con la ayuda de una rejilla fina, se lavó cuidadosamente cada muestra, removiendo el suelo de las raíces, logrando que el suelo pasara a través de la rejilla, pero las raíces finas que pudieran haberse caído quedarán en ella. Luego, utilizando un chuchillo afilado se removieron todas las raíces, alrededor del tallo. Todas las raíces removidas se recolectaron y depositaron en una bolsa plástica debidamente identificada para luego obtener su peso fresco.

Las plantas con las raíces removidas, fueron separadas, para luego identificar y desprender la hoja D de cada planta. Este procedimiento se realizó, agrupando todas las hojas e identificando la hoja más larga de ésta (Hoja D). Una vez identificada la hoja D, se procedió a retirarla de la planta e identificarla para su análisis.

Después de retirar la hoja D, se procedió a desprender el resto de hojas de la planta. Este desprendimiento de hojas se realizó en forma de espiral, ya que la emisión natural de las hojas de la planta de piña es de esta manera, facilitando así el proceso y evitando un daño mecánico a las hojas. Durante este proceso, se

llevó a cabo simultáneamente un conteo de número de hojas por planta. Al terminar este proceso todas las hojas fueron agrupadas con la ayuda de un cordel, para facilitar la medición del peso fresco de éstas.

Una vez separado e identificado el tallo de cada planta se procedió a pesar cada uno de ellos.

El peso fresco de las raíces, hojas, tallos y hojas D, se obtuvo con la ayuda de una balanza electrónica con capacidad para 5kg con una incertidumbre de 0,1g.

Por efectos de tiempo, y capacidad de hornos de secado, la toma y procesamiento de las muestras requirió una duración de dos días por repetición. Un día para la toma y transporte de las 48 muestras por repetición y otro día para el procesamiento de las mismas.

i) Peso seco de tallos, hojas y raíces.

La medición de peso de seco de tallos y hojas se realizó seleccionando las plantas con números impares. En estas plantas, después de haber obtenido el peso fresco total de hojas, se seleccionó una muestra compuesta de cinco hojas, con el fin de obtener una muestra que represente los diferentes niveles de la planta.

Luego de haber obtenido la muestra compuesta de hojas, se procedió a picarlas para homogenizar la muestra y tomar 100 gramos de esta. Cada muestra fue introducida en una bolsa de papel perforada y llevada al horno, donde estuvo por al menos cinco días a 60°C. Este mismo procedimiento se realizó para las muestras de tallo de la planta. Luego de transcurrido el tiempo, se verificó el secado de la planta y se procedió a tomar el dato de peso seco.

Si el peso del tallo u hojas no superaba los 100 gramos necesarios para la muestra de materia seca, se tomaba el peso total de la muestra.

Para la determinación del peso seco de raíz se seleccionaron las muestras de raíces identificadas, previamente separadas en el procesamiento de las plantas.

Estas muestras fueron introducidas en una bolsa de papel debidamente identificada y transportada a los hornos, donde estuvieron por al menos cinco días a 60°C. Transcurrido este tiempo, se verificó que las muestras estuvieran secas y se procedió a pesarlas

El peso seco de raíces, hojas, tallos y hojas D se obtuvo con una balanza electrónica con capacidad para 2kg y una incertidumbre de 0,01g.

j) Longitud, ancho y peso de hoja D

Las muestras de hojas D se obtuvieron de las plantas procesadas en el laboratorio para las variables de peso fresco de raíz, tallo y hojas.

Las hojas D identificadas y seleccionadas durante el procesamiento de las plantas, se midieron con la ayuda de una cinta métrica. La longitud de la hoja se tomó desde la base de hoja, hasta la punta de ésta. El ancho de la hoja se midió de borde a borde en su parte más ancha. Luego de haberse medido las dimensiones de la hoja, se procedió a pesar cada hoja en una balanza electrónica.

k) Determinación del Área foliar

La superficie de área foliar se logró medir mediante una adaptación al método de discos foliares de Watson y Watson (1953) citado por Martín *et al.* (2006). Este método consiste en extraer discos foliares de la hoja, para luego relacionar el peso de las hojas con el peso y área de los discos extraídos.

La metodología se aplicó a la hoja D, después de ser utilizada para la medición de longitud, ancho y peso de Hoja D. Esta consistió en extraer tres discos foliares de 2,3cm de diámetro utilizando un sacabocados. La extracción se realizó en tres niveles de la hoja; parte basal (sin contar con la parte blanca), parte media y extremo de la hoja.

En total se extrajeron 24 discos foliares de las ocho hojas D por cada tratamiento. Cada disco foliar fue pesado en una balanza electrónica con una incertidumbre de 0,01 gramos, posteriormente los 24 discos de cada tratamiento

fueron depositados en una bolsa de papel para ser llevados al horno por al menos cinco días a 60°C.

l) Medición de altura de cama

La medición de altura de cama se realizó individualmente mediante un equipo sencillo confeccionado para este trabajo de investigación, el cual consistió en una platina de 1,90m de longitud, doblada a un ancho de 1,10m y 40cm de alto. Los soportes de la estructura son paralelos entre sí, y se encuentran graduados con una perforación que va desde los ocho cm a los 32cm con un cm de ancho. En el medio de estas se encuentra un tubo horizontal de 1,10m de longitud con un pequeño nivel añadido a ésta. Este tubo puede desplazarse hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la altura de la cama (Figura 12)

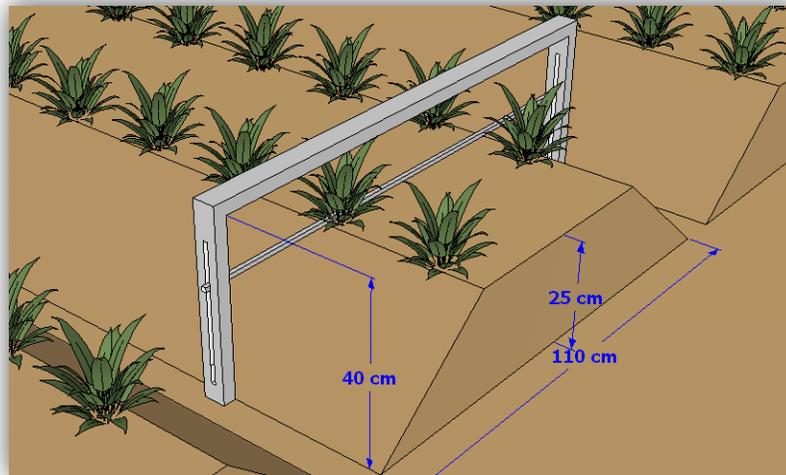


Figura 12. Croquis representativo del equipo utilizado para la medición de la altura de cama de los diferentes tratamientos en las parcelas experimentales.

m) Densidad aparente

Los materiales requeridos para la determinación de la densidad aparente son: un cilindro de acero con un volumen definido, un martillo, un soporte de metal, bolsas plásticas, cuchillo y pala. El muestreo se realizó antes de siembra.

La metodología de campo empleada para la extracción de muestras de densidad aparente consistió en introducir el cilindro de acero en el suelo de manera horizontal con golpes similares en fuerza y frecuencia a una profundidad de 25cm (Figura 13).



Figura 13. Materiales utilizados para la extracción de muestras de suelo para densidad aparente, conductividad hidráulica y análisis químico de suelo.

Seguidamente, se retiró el cilindro lleno de suelo, luego se cortó el sobrante de suelo de los bordes con la ayuda de un cuchillo, y se colocaron las muestras en bolsas plásticas en una hielera para su transporte al laboratorio (Figura 14).



Figura 14. Extracción de cilindro con una muestra de suelo para densidad aparente a una profundidad de 25cm antes de siembra en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Una vez transportadas las muestras al laboratorio, se les realizó un proceso de secado en hornos de convección a una temperatura de 110°C por 24 horas y se determinó el peso húmedo y seco de cada muestra, para su posterior cálculo de densidad aparente.

n) Conductividad hidráulica

Al realizar el muestreo de suelo para conductividad hidráulica se requirió el uso de cilindros de acero, un martillo, un soporte para el cilindro, pedazos de tela, cuerda y una hielera pequeña para el transporte de las muestras.

La extracción de las muestras para conductividad hidráulica se realizó de manera similar a la metodología utilizada para densidad aparente, con la diferencia, que al momento de introducir el cilindro para obtener la muestra, este debía tener una orientación perpendicular al suelo. Además, a la hora de extraer el cilindro con suelo, se les debió amarrar un pedazo de tela en los bordes para evitar cualquier pérdida de suelo y transportar los cilindros en una hielera para evitar golpes que puedan alterar la muestra.



Figura 15. Extracción de cilindro con una muestra de suelo para conductividad hidráulica a nivel superficial un mes después de siembra en Pindeco Pacífico, Buenos Aires Puntarenas, 2012.

Una vez extraídas las muestras de suelo y llevadas al laboratorio se procedió a la saturación en agua por 24 horas para luego realizar la prueba de conductividad hidráulica (Figura 16).



Figura 16. Instrumento confeccionado para el trabajo de investigación para realizar pruebas simultaneas de conductividad hidráulica en Pindeco Pacífico, Buenos Aires Puntarenas, 2012.

o) Análisis de textura

El análisis de textura se realizó mediante el método de Bouyucos, el cual consistió en pesar cuatro gramos de suelo de las muestras obtenidas en campo para cada una de las parcelas experimentales. Luego a este suelo se le agregó en un vaso para licuadora industrial; agua destilada y 15ml de exametafosfato de sodio al 10% como dispersante agitando por 10min. Luego se vertió el contenido de la solución en un cilindro de bouyuco y se aforó a un litro con agua destilada hasta la marca numérica del bouyuco tomando en cuenta el volumen del hidrómetro. Luego de haberse aforado, se colocó un tapón de hule al cilindro y se agitó a mano durante un minuto.

Una vez agitado el cilindro se debió introducir cuidadosamente el hidrómetro y cronometrar 40 segundos para registrar la primera lectura y simultáneamente tomar la temperatura en grados Celsius. La segunda lectura se ejecutó transcurridas dos horas, registrando también su temperatura.

Para el cálculo de porcentajes de arena, limo y arcilla, fue preciso aplicar un factor de corrección para toda aquella lectura de temperatura que sobre pase los 20°C, y sumar este factor a la lectura del hidrómetro (Figura 17).



Figura 17. Análisis de textura de cada parcela experimental mediante el método de Bouyucos en el laboratorio de suelos de Pindeco, Buenos Aires, Puntarenas, 2013

3.8 **Análisis de datos**

Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico el cual se realizó utilizando la técnica del área bajo la curva, ya que es una forma de reducir la dimensión de la clasificación de los datos importantes cuando hay varias lecturas o evaluaciones a lo largo del ciclo del cultivo, como es el caso de este experimento donde se realizaron cuatro evaluaciones o puntos de muestreo durante el crecimiento de la planta de piña hasta la etapa de forzamiento.

Hay que tomar en cuenta que esta técnica no es una transformación de datos como el arcoseno, la raíz cuadrada o el logaritmo, es una variable aparte derivada del cálculo del área de la curva de las representaciones gráficas de las distintas variables de estudio como lo son el peso seco total, de hojas, tallo y raíces, la longitud, ancho y peso de hoja D, así como el área foliar.

Esta técnica no es un procedimiento estadístico, es simplemente un acondicionamiento de las variables de estudio a la cual se puede aplicar el análisis de varianza, ya que según Navarro los supuestos del análisis de varianza exigen que el efecto de los distintos tratamientos que intervienen en un ensayo sean independientes, sin embargo, las evaluaciones sucesivas de las unidades experimentales no son independientes, por lo que esta es una manera de poder realizar este análisis.

El área bajo la curva de las variables de estudio se calculó, mediante una sumatoria de las áreas de los trapecios que se forman en las representaciones gráficas entre los diferentes puntos de muestreo durante el periodo de estudio.

A manera de ejemplo se muestra una rápida explicación de la geometría empleada para el cálculo del área bajo la curva (Figura 33)

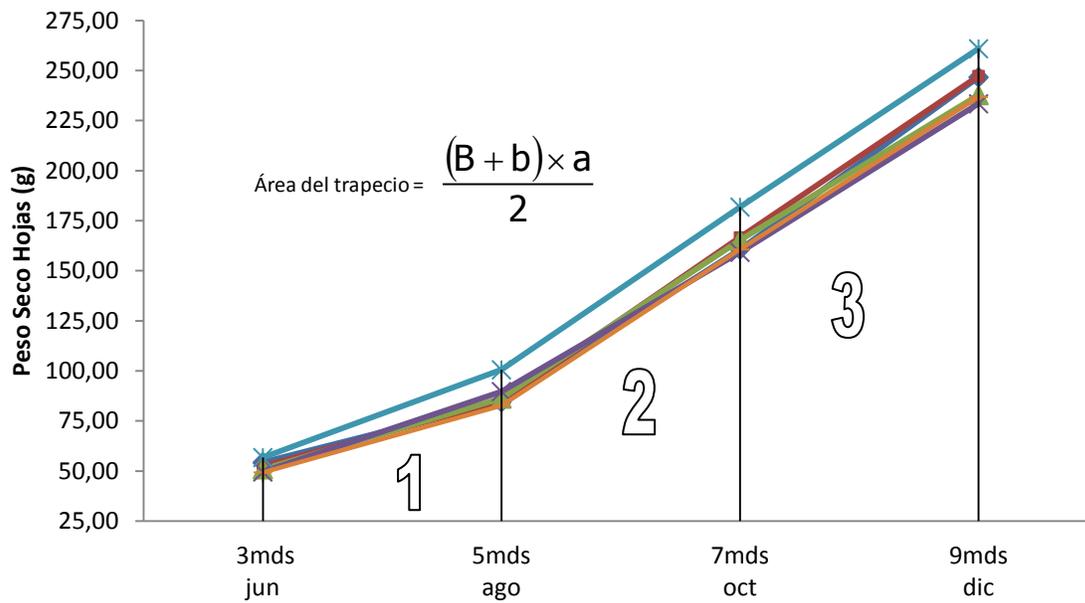


Figura 1. Representación de grafica del cálculo del área bajo la curva de la variable de materia seca de hojas durante el periodo de estudio para el análisis estadístico en Pindeco Pacifico en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización del área experimental

Las pruebas de densidad aparente realizadas a cada parcela experimental, se determinó que no hubo diferencias importantes en la densidad aparente entre los tratamientos, obteniendo un valor promedio de $0,92\text{g/cm}^3$ (Cuadro 5).

En el Cuadro 5, se indican los valores promedios de densidad aparente, conductividad hidráulica y análisis de textura para los diferentes tratamientos de altura de cama de siembra.

Cuadro 5. Propiedades físicas del suelo para cada tratamiento en estudio sobre el efecto de la altura de cama siembra en el crecimiento de la piña híbrido MD2 en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Altura de cama	Densidad Aparente (g/cm^3) (25 cm)	Conductividad Hidráulica (10 cm)		Análisis de Textura			
		(cm/h)	Clasificación	Arena	Arcilla	Limo	Clasificación
0cm	0,97	1,02	Mod. Lenta	7,11	80,98	11,91	Arcilloso
8cm	0,95	1,01	Mod. Lenta	7,68	80,65	11,67	Arcilloso
16cm	0,93	0,83	Mod. Lenta	10,30	79,10	10,60	Arcilloso
24cm	0,89	1,49	Mod. Lenta	10,26	76,46	13,28	Arcilloso
32 cm	0,89	2,55	Moderada	7,25	81,59	11,16	Arcilloso
Testigo C.	0,88	1,27	Mod. Lenta	9,84	79,01	11,15	Arcilloso
Promedio	0,92	1,36	Mod. Lenta	8,74	79,63	11,63	Arcilloso

Los datos promedio de densidad aparente evaluados a una profundidad de 25cm para cada tratamiento, se encuentran dentro de los valores mínimos y máximos de $0,72$ a $1,74\text{g/cm}^3$ respectivos para el orden de suelo de ultisoles, a una profundidad entre 20 a 40cm, reportados por Alvarado y Forsythe (2005) en estudio sobre la variación de la densidad aparente en ordenes de suelos de Costa Rica.

Los valores máximos y mínimos de densidad aparente obtenidos en el ensayo a partir de las diferentes muestras de suelo, fueron el tratamiento sin altura

de cama (0cm) y el tratamiento que se utilizó como testigo comercial respectivamente.

Sin embargo, aunque al testigo comercial, no se le haya realizado ninguna labor de remoción o adición de suelo, no se puede determinar que el menor valor promedio de densidad aparente obtenido sea debido a esto, ya que los muestreos de suelos para densidad aparente, fueron tomados antes de la construcción de los tratamientos, por lo tanto sus valores no reflejan el efecto de los tratamientos.

A su vez se evaluó la capacidad de retención de agua del suelo, tomando una muestra de suelo no alterado y realizando una prueba de conductividad hidráulica para cada parcela experimental, obteniendo un valor promedio del coeficiente K y su clasificación (Cuadro 5).

Esta cualidad que presentan los suelos para retener y transmitir el agua, va a depender de muchos factores entre ellos, la geometría del espacio poroso que se ve modificada por las labores de labranza (Camacho 2002).

Los valores de conductividad hidráulica determinados para los diferentes tratamientos, se encuentran en su mayoría, en la clasificación de conductividad hidráulica moderadamente lenta, la cual incluye valores que estén dentro del rango de ($>0,53$ y < 2 cm/h). Las camas de siembra con la altura de 32cm presentaron una mayor conductividad hidráulica, al obtener un valor promedio de 2,55cm/h, lo cual las ubica en la clasificación de conductividad hidráulica moderada (>2 y $< 6,3$ cm/h). Por lo tanto se puede decir que en promedio las parcelas experimentales con alturas de camas de siembra de 32cm presentan una mayor capacidad de filtración y flujo de agua en un suelo saturado.

Esta capacidad de retención de agua o conductividad hidráulica está muy relacionada con la proporción en la que se encuentran distribuidas las partículas de arcilla, limo y arena. Un mayor porcentaje de partículas finas de arcillas presentes, como se puede apreciar en cuadro cinco, califica al suelo del área experimental como arcilloso.

4.2 Consideraciones iniciales del análisis de crecimiento

Debido a que el presente trabajo de investigación presenta pocos muestreos y su objetivo es comparar el efecto de diferentes alturas de cama de siembra sobre el crecimiento vegetal.; se seleccionó la metodología del análisis de crecimiento clásico como una herramienta para apoyar o discutir los resultados del efecto de los diferentes tratamientos.

Según Radford (1967), se deben de tener en cuenta dos requisitos importantes para la aplicación del enfoque de análisis clásico de crecimiento para el cálculo de los diferentes índices tanto morfológicos, como fisiológicos.

El primer requisito para el cálculo de los índices de crecimiento es que se debe conocer la relación de las variables de peso seco total y área foliar. Esto es fundamental, ya que los diferentes cálculos de los índices están diseñados suponiendo una relación lineal entre estas dos variables (Radford 1967) (Figura 18).

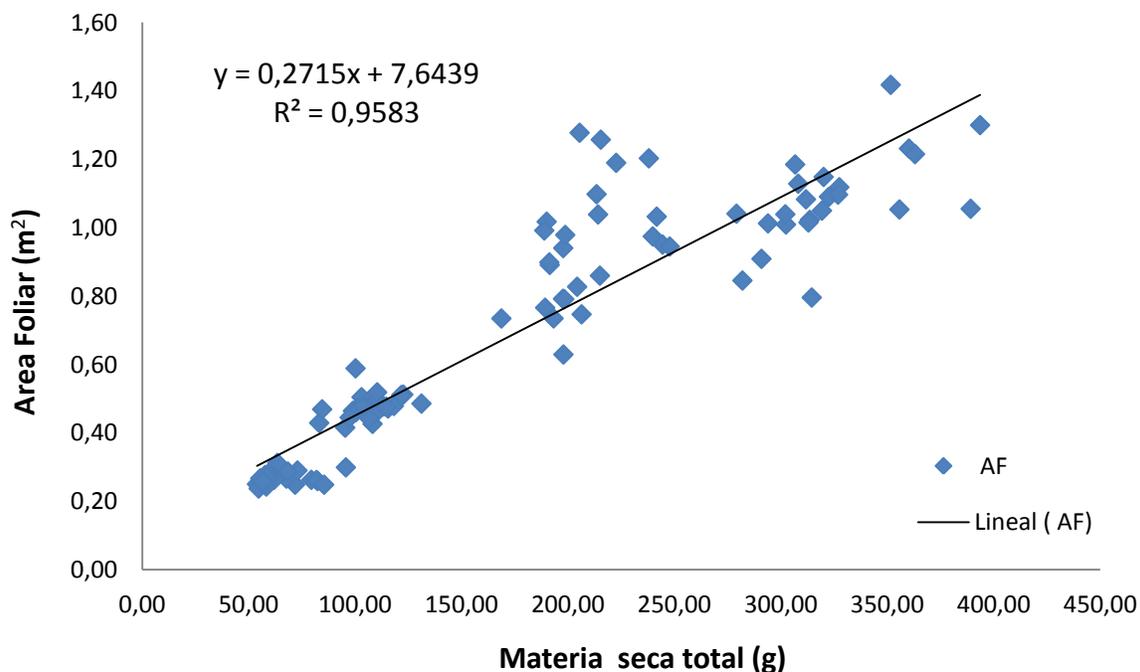


Figura 18. Relación lineal de la estimación del área foliar en función del peso seco de planta en estudio del efecto de la altura de cama de siembra sobre el

crecimiento de la piña híbrido MD2 en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

La Figura 18 indica que hay una relación positiva entre el peso seco de hojas y el peso seco de hoja D y que esta relación es lineal con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9049.

Estadísticamente podemos decir que el 96% de la suma de cuadrados totales de la variable dependiente (Área foliar) es explicada a través de una relación lineal, por la variación observada en la variable independiente (Materia seca total).

El segundo requisito importante para el cálculo de índices de crecimiento es que las variables de materia seca total y área foliar no sean discontinuas en el tiempo. En otras palabras, que no haya una independencia de estas variables entre los diferentes intervalos de cosecha o muestreo (Radford 1967).

Una vez definida la relación entre las variables de área foliar y peso seco total, y confirmar que las variables no son discontinuas en función del tiempo se procedió al cálculo de estos parámetros morfológicos y fisiológicos.

4.3 **Análisis de crecimiento**

4.3.1 *Peso Seco Total*

Los primeros muestreos a las parcelas experimentales se iniciaron tres meses después de siembra, en el mes de junio. Como se puede observar en la Figura 19 los diferentes tratamientos de altura de cama de siembra presentaron un comportamiento similar, a excepción del tratamiento con una altura de cama de 32cm.

Las plantas cultivadas con altura de cama de 32cm mostraron un mayor peso seco durante el periodo evaluado con un valor promedio al forzamiento de 343,3 gramos de materia seca total por planta, en comparación con el resto de tratamientos (Figura 19).

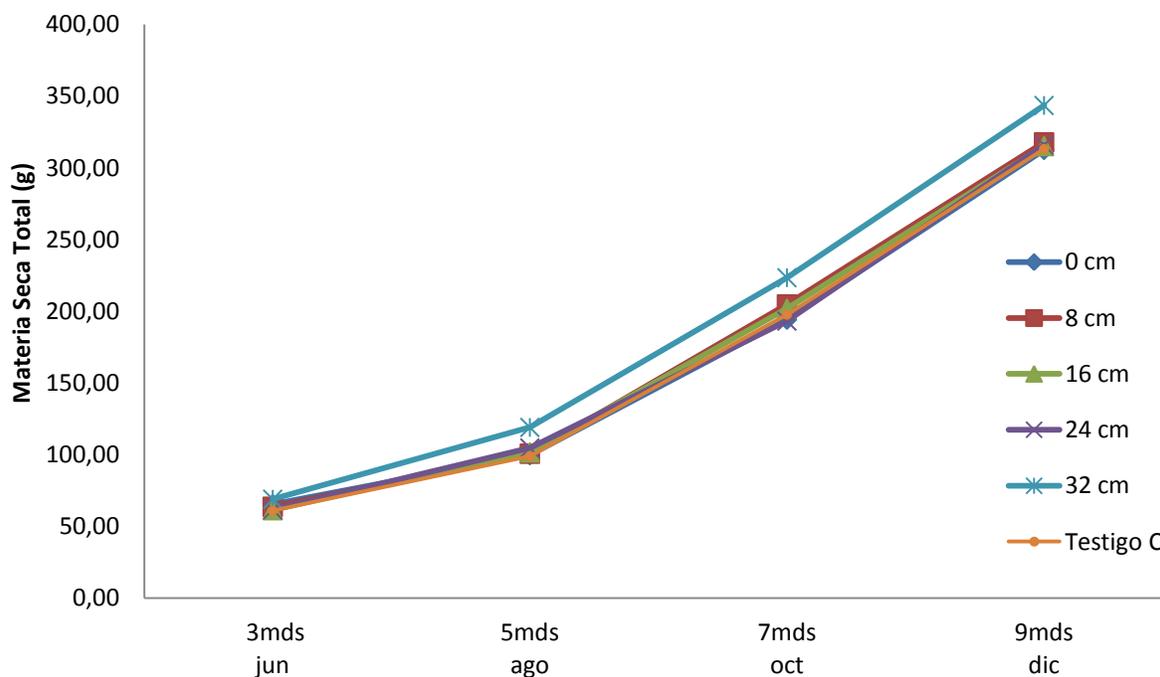


Figura 19. Materia seca total promedio de las plantas de piña híbrido MD-2 cultivada a diferente alturas de cama de siembra durante el periodo de evaluación en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Al observar la Figura 19, se puede determinar en el comportamiento general de la curva que hubo un leve incremento de materia seca total entre los tres y cinco meses después de siembra y que a partir del quinto mes después de siembra, el incremento en materia seca es más significativo entre los siguientes puntos de muestreo.

Por el contrario, las plantas cultivadas en una altura de cama de 0cm y el testigo comercial (25cm) presentaron los menores promedios de materia seca total al momento del forzamiento, con valores de 312,66 y 313,30g, respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Promedio de materia seca total de las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra durante el periodo de evaluación en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
	Materia seca total en gramos			
Cama de 0 cm	63,31	97,61	189,91	312,66
Cama de 8 cm	61,87	97,89	201,34	317,84
Cama de 16 cm	59,52	98,81	196,66	315,25
Cama de 24 cm	58,98	102,00	188,54	315,92
Cama de 32 cm	66,47	115,59	219,27	343,32
Testigo Comercial	58,34	95,79	193,66	313,30

Al observar la Figura 19 y el Cuadro 6, se puede determinar que en el comportamiento general de la curva para todos los tratamientos hubo un leve incremento de materia seca total entre los tres y cinco meses después de siembra y que a partir del quinto mes después de siembra, el incremento en materia seca es más significativo entre los siguientes puntos de muestreo.

Este comportamiento se puede observar con mayor claridad, al calcular la ganancia de materia seca o tasa de crecimiento absoluto (TCA) de la planta para los diferentes tratamientos durante el periodo de estudio (Figura 20).

4.3.2 Tasa de Crecimiento Absoluto

Las plantas cultivadas en una altura de cama de 32cm, obtuvieron una ganancia de peso significativamente mayor con respecto al resto de los tratamientos entre los meses de junio a agosto, con un incremento de materia seca de 0,52 y 0,82 gramos por día, para los muestreos transcurridos tres y cinco meses después de siembra, respectivamente. Sin embargo, esta diferencia significativa se reduce en los siguientes muestreos a los siete meses después de siembra y al forzamiento, donde la ganancia de peso fue de 1,70 y 1,87 gramos de materia seca por día. (Figura 20)

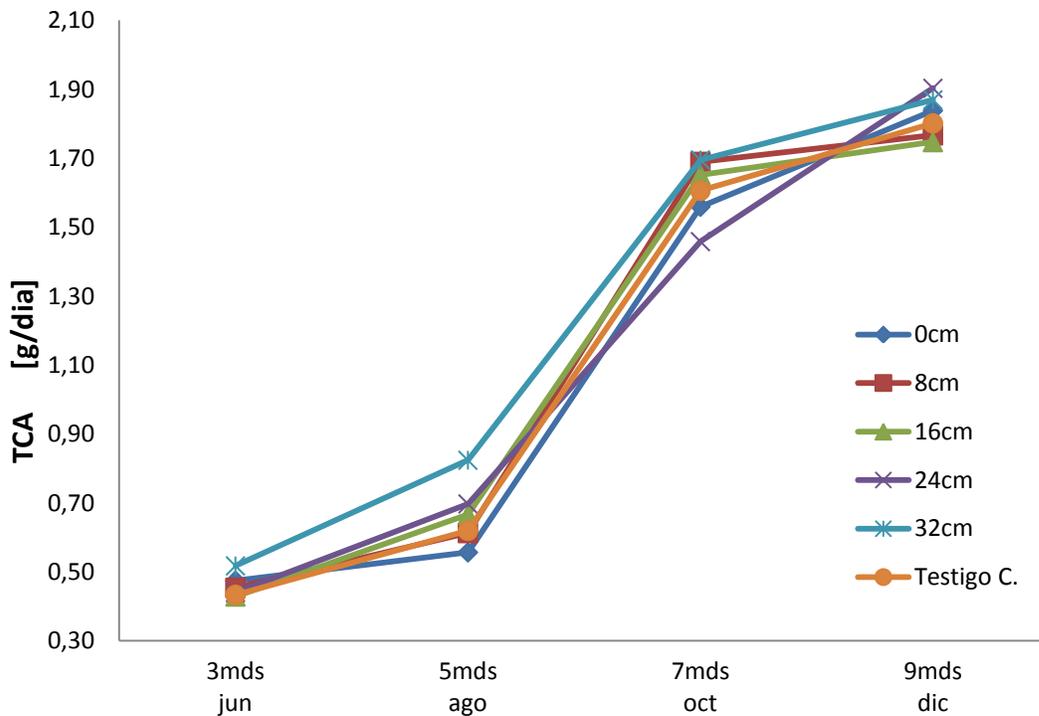


Figura 20. Tasa de crecimiento absoluto (TCA) de las plantas de piña cultivada a diferente altura de cama de siembra durante el periodo de evaluación en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Al analizar la Figura 20 y el Cuadro 7, se puede determinar que las plantas con la altura de cama de 24cm, a pesar de que obtuvieron la menor ganancia de peso transcurridos siete meses después de siembra (1,46g/día), dos meses después en la etapa de forzamiento, fue el tratamiento que obtuvo una mayor ganancia de materia seca por día (1,90g/día). Además se puede observar que el comportamiento de la curva de ganancia de materia seca de de las plantas sembradas a una altura de cama de 24cm durante el periodo evaluado es relativamente más lineal que los demás tratamiento, presentando menos variaciones en la ganancia de materia seca a lo largo del periodo evaluado, con respecto a las plantas cultivadas en diferente alturas de cama.(Cuadro 7)

}

Cuadro 7. Incremento diario de materia seca total de las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra durante el periodo de evaluación en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
	Incremento de materia seca en gramos			
Cama de 0 cm	0,47	0,56	1,56	1,84
Cama de 8 cm	0,45	0,61	1,69	1,77
Cama de 16 cm	0,43	0,67	1,65	1,75
Cama de 24 cm	0,44	0,70	1,46	1,90
Cama de 32 cm	0,52	0,82	1,70	1,87
Testigo Comercial	0,43	0,62	1,61	1,80

Sin embargo, a pesar que la Figura 20, muestra con mayor claridad la ganancia de materia seca promedio de las plantas cultivadas a diferente altura de cama, ésta tasa de crecimiento absoluto (TCA) presenta una tendencia o comportamiento similar a la materia seca total (Figura 19), donde entre los tres y cinco meses después de siembra se presenta muy poca ganancia de materia seca, luego entre los cinco y siete meses después siembra, se presenta un importante incremento en la ganancia y materia seca total promedio para todos los tratamientos, y entre los siete y nueve meses después de siembra, la ganancia de materia seca promedio de las plantas se ve disminuida en todas las alturas de cama.

Esta tendencia o comportamiento, puede ser explicado mediante parámetros fisiológicos de crecimiento, que permiten observar la eficiencia en la ganancia de materia seca de las plantas cultivadas a diferentes alturas de cama en un determinado momento.

4.3.3 Tasa Media de Crecimiento Relativo

Según Bertsh (1995), el crecimiento de una planta está restringido por el factor más limitante en el ambiente donde se desarrolla, aplicando el concepto del factor limitante de Liebig, el cual dice que: “la velocidad de un proceso influenciado por varios factores es tan rápida como lo permita el factor disponible al más bajo

nivel” y la visión de Blackman, reformulando el concepto anterior diciendo que: “ cuando un proceso es condicionado en su rapidez por un número determinado de factores separados, la tasa del proceso está limitada por el factor que actué más lento”.

Por lo tanto, al analizar la Tasa Media de Crecimiento Relativo (T MCR), se debe de tomar en cuenta los principales factores climáticos que están involucrados y determinar cuál de éstos tiene el efecto más limitante en el crecimiento de las plantas para los diferentes tratamientos en el área experimental (Figura 21).

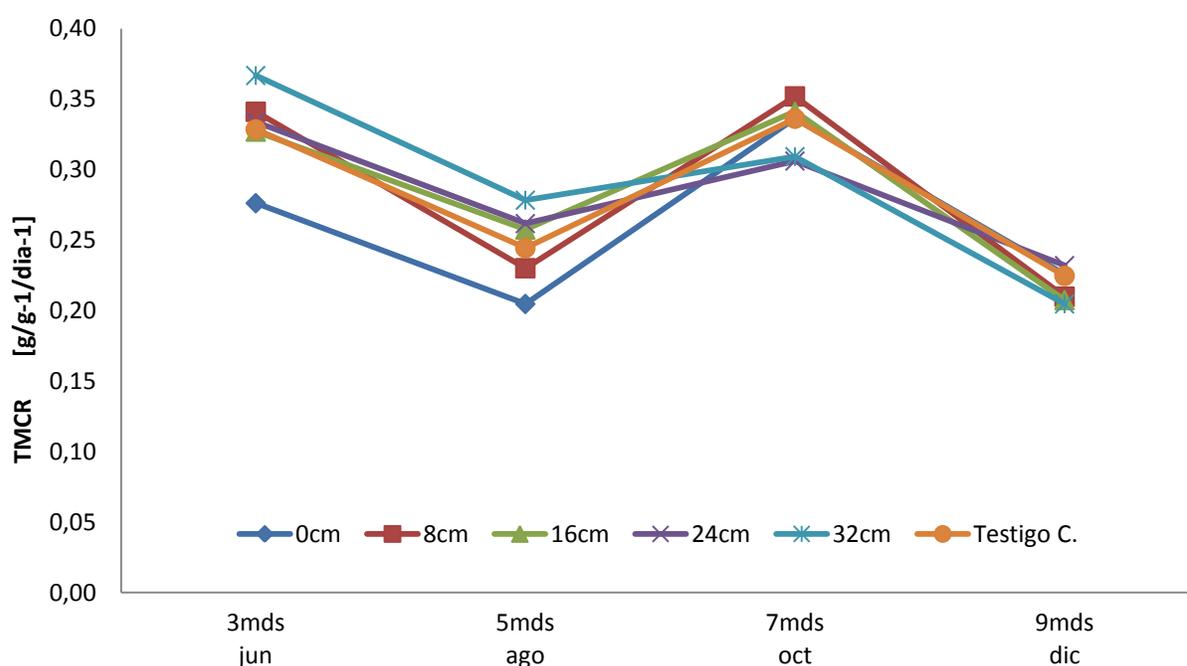


Figura 21. Variación en la Tasa Media de Crecimiento Relativo (TMCR) de las plantas de piña híbrido MD-2 a diferente altura de cama de siembra durante el periodo de evaluación en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Al analizar la Figura 21, podemos observar la variación o cambio de la tasa de crecimiento relativo, presentando valores altos al tercer mes después de siembra, y luego se ve disminuida considerablemente durante el quinto mes de siembra. Al sétimo mes después de siembra podemos observar un incremento importante en el crecimiento, el cual vuelve a descender al noveno mes después de siembra.

Esta representación grafica del cambio o variación en la tasa media de crecimiento relativo (TMCR) durante el periodo de evaluación es más práctica y efectiva, para comparar y analizar las interacciones y efectos de los factores ambientales en la ganancia y eficiencia de materia seca de las plantas cultivadas a diferente altura de cama, en vez de utilizar la representación grafica de la tasa de crecimiento relativo (TCR) a partir del logaritmo de la materia seca total de la planta en función del tiempo.

Al analizar la Figura 21, se observa la variación o cambio de la tasa de crecimiento relativo, presentando valores altos al tercer mes después de siembra, y luego se ve disminuida considerablemente durante el quinto mes de siembra. Al sétimo mes después de siembra podemos observar un incremento importante en el crecimiento, el cual vuelve a descender al noveno mes después de siembra.

Hay que tomar en cuenta que para el cálculo de la tasa media de crecimiento relativo se necesita, un peso inicial, un peso final y un intervalo de tiempo, por lo que los valores que se muestran en el Cuadro 8 corresponden a la tasa media de crecimiento relativo de las plantas entre cada punto de muestreo, en un intervalo de tiempo de dos meses. Excepto el tercer mes después de siembra, en el cual se tomó el peso promedio inicial de los hijos de pedúnculos utilizados para la siembra en el área experimental, por lo tanto su intervalo de tiempo es de tres meses.

Cuadro 8. Variación de la Tasa media de crecimiento relativo (TMCR) de las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra durante el periodo evaluado en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
	*TMCR [g/g-1/dia-1]			
Cama de 0 cm	0,28	0,20	0,34	0,23
Cama de 8 cm	0,34	0,23	0,35	0,21
Cama de 16 cm	0,33	0,26	0,34	0,21
Cama de 24 cm	0,33	0,26	0,31	0,23
Cama de 32 cm	0,37	0,28	0,31	0,20
Testigo Comercial	0,33	0,24	0,34	0,22

*TMCR: Tasa media de crecimiento relativo

Al comparar las representaciones gráficas de la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la variación en la tasa media de crecimiento relativo (TMCR), podemos determinar que existe una relación directa entre estos dos índices. Por lo tanto, se puede determinar que la poca ganancia de materia seca de las plantas cultivadas a diferentes alturas de cama, entre los tres y cinco meses después de siembra (Figura 20), se debe a una importante disminución en la tasa media de crecimiento relativo (Figura 21) entre estos meses. Lo mismo sucede, entre el séptimo y noveno mes después de siembra.

Sin embargo, a pesar las complejas interacciones entre los mecanismos fisiológicos de la planta de piña y el clima, al comparar la variación en la tasa media de crecimiento relativo (Figura 21), con la tendencia o comportamiento de algunos factores ambientales como la precipitación, temperatura y radiación durante el periodo de estudio, se puede determinar un efecto importante sobre la ganancia de materia seca total de las plantas cultivadas a diferente altura de cama.

La precipitación de la zona, obtenida a partir de datos climáticos de una estación meteorológica, ubicada aproximadamente a tres kilómetros del área

experimental, muestra como en el mes de agosto, presenta el mayor incremento en la precipitación del año 2012 (Figura 21).

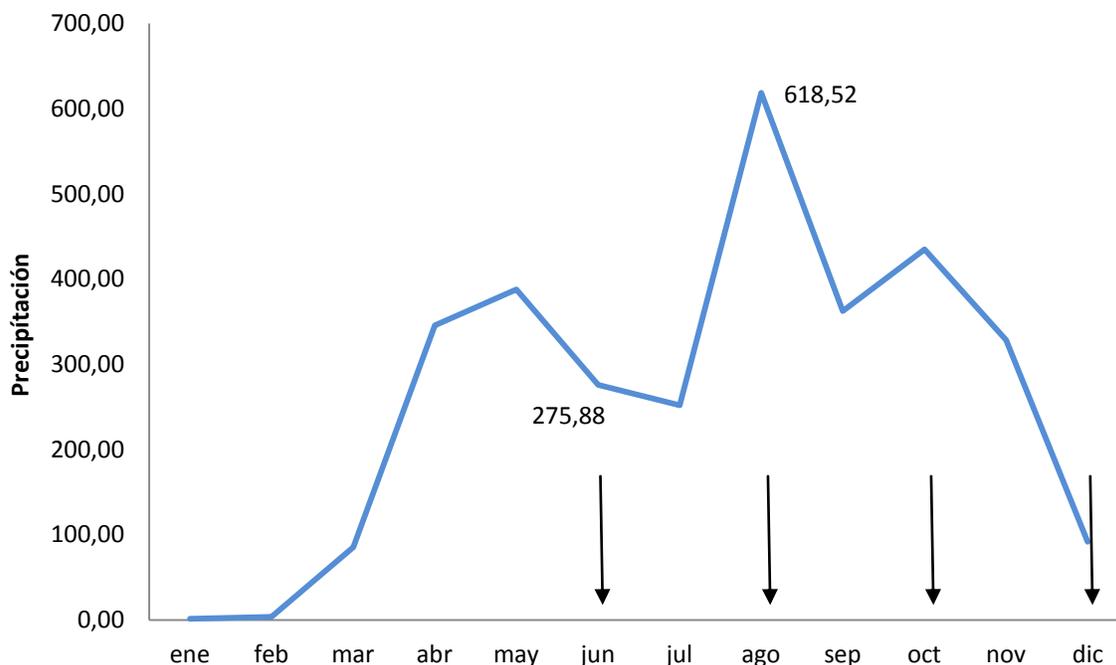


Figura 22. Variación de la precipitación mensual durante el año 2012 registrados en la estación meteorológica de Sonador de Volcán, Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas. Las flechas negras indican los meses en los cuales se realizaron las evaluaciones.

Este aumento considerable de la precipitación entre el mes de junio a agosto, podría explicar la disminución en la tasa media de crecimiento relativo (Figura 21) y por consiguiente la poca ganancia de materia seca total (Figura 20) de la mayoría de las plantas durante el tercer y quinto mes después de siembra.

Según Hepton (2003), el crecimiento de la planta de piña se puede ver mejorado utilizando camas de siembra altas, ya que se incrementa el volumen de suelo disponible para el sistema radical, se mejora la aireación y se brinda un mejor drenaje.

Esta afirmación se ve reflejada, al observar la representación gráfica de la variación de la tasa media de crecimiento relativo (TMCR), donde a pesar que, todas las plantas cultivadas a diferente altura de cama se vieron afectadas entre el

tercer y quinto mes después de siembra, el impacto o disminución de la tasa media de crecimiento relativo producto de una alta precipitación fue menor en las plantas con una altura de cama de 32cm. Por el contrario, las plantas cultivadas sin cama (0cm), fueron las que se vieron considerablemente más afectadas por este pico de precipitación, ya que presentaron la menor tasa de crecimiento relativo durante este periodo.

Por lo tanto, al analizar la tasa de crecimiento absoluto (TCA), se puede determinar que la mayor ganancia promedio de materia seca obtenida por las plantas cultivadas en camas de siembra con una altura de 32cm entre el tercer y quinto mes después de siembra, puede ser debido a una mejor condición de aireación, mejor drenaje y una conductividad hidráulica moderada (2,55cm/h) producto de una mayor altura de cama de siembra (Figura 20) (Cuadro 5).

Al observar la tasa de crecimiento relativo (TCR) (Figura 20) y la tasa de crecimiento absoluto (TCA) (Figura 21), podemos observar que entre el quinto y séptimo mes después de siembra se da la mayor ganancia de materia seca total y un incremento considerable en la tasa de crecimiento relativo.

Según Malézieux *et al.* (2003), la tasa de crecimiento de la planta de piña está fuertemente influenciada por la temperatura, y aunque pocos estudios se han hecho en ambientes controlados y los resultados de los estudios en campo pueden ser difíciles de interpretar, las variaciones de temperatura máximas y mínimas podrían explicar el comportamiento de la tasa media de crecimiento relativo.

Según Bartholomew citado por Malézieux *et al.* (2003), las plantas de piña en ambiente controlado con una temperatura de 26°C o menos, presentan un mayor peso que aquellas en ambiente controlado con una temperatura de 30°C. También afirma que después de 400 días, las plantas crecidas en temperatura nocturnas frías acumularon de dos a tres veces la cantidad de materia seca que aquellas crecidas en una temperatura de 30°C. Además menciona que, en ambientes con días cálidos (26 a 34°C) y noches frías (18 a 22°C), las plantas

poseen un mayor contenido de materia seca y una tasa de crecimiento relativo mayor que aquellas plantas crecidas en días cálidos y noches calientes (30°C).

Al analizar las afirmaciones antes descritas y observar la variación mensual de las temperaturas máximas y mínimas durante el año de estudio (2012), podemos determinar que en el mes de septiembre se presentó un pico de baja temperatura (17,40°C) nocturna y una alta temperatura diurna (31,9) con respecto a los datos registrados entre los meses de junio a diciembre durante los cuales se llevaron a cabo las evaluaciones (Figura 23).

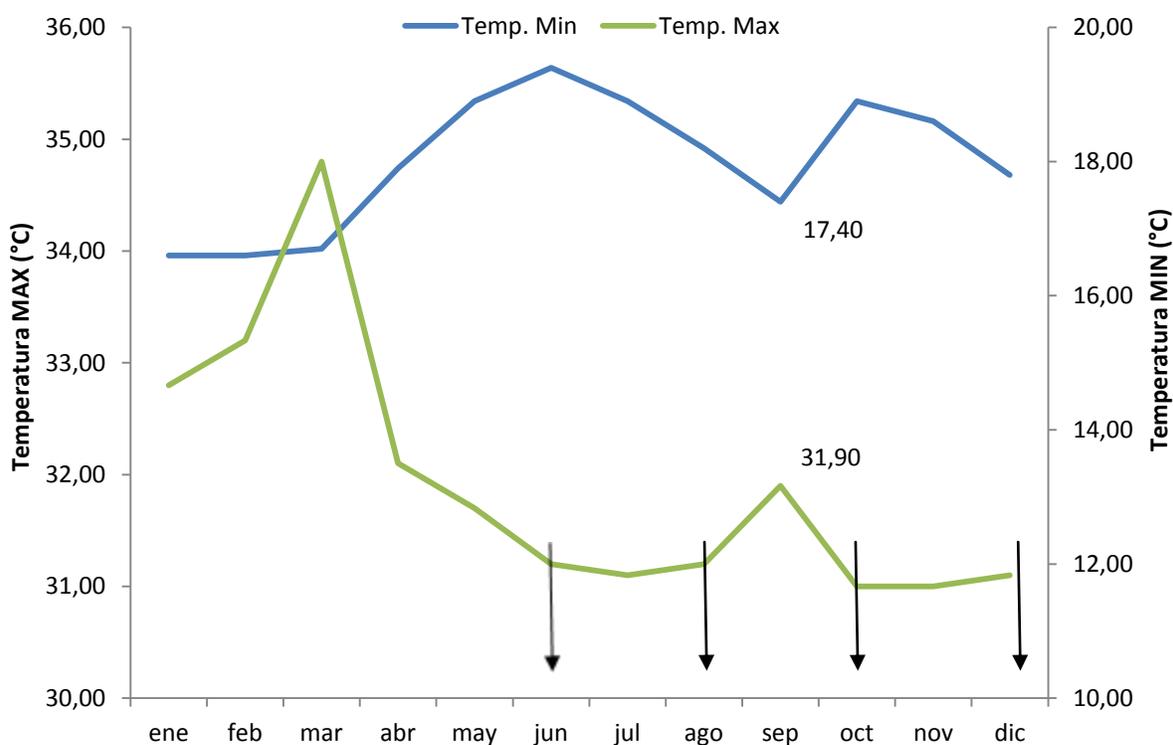


Figura 23. Variación de la temperatura máxima y mínima durante el año 2012 registrados en la estación meteorológica de Sonador de Volcán, Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas. Las flechas negras indican los meses en los cuales se realizaron las evaluaciones.

Esta condición presente en el mes de setiembre donde la diferencia térmica entre la temperatura máxima y mínima fue mayor, con respecto a los demás meses de estudio, puede ser la razón del aumento considerable en la ganancia de materia de seca (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR) de las plantas

cultivadas a diferentes alturas de cama durante el quinto y sétimo mes después de siembra (Figura 20 y 21).

4.3.4 *Peso Seco de Hojas*

Las hojas representan según Py citado por Malézieux *et al.* (2003) el 90% del peso fresco durante su crecimiento vegetativo. Tomando en cuenta este porcentaje como referencia, se calculó la razón de peso foliar, peso radical y de tallo (RPF, RPR y RPT), con el fin de obtener un índice de la cantidad de cada una de estas partes de la planta con respecto a su peso seco total para cada tratamiento. En otras palabras, se calculó la proporción del peso seco de hojas, raíces y tallo entre el peso seco total de las plantas sembradas a diferente altura de cama (Cuadro 9).

La distribución porcentual de las partes de la planta, corresponden en su mayoría a hojas (0,763), seguido por el tallo (0,163) y en una pequeña parte por las raíces (0,044) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Índices Morfológicos de RPR, RPT y RPF al forzamiento en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Índices Morfológicos		
	RPR*	RPT*	RPF*
Cama de 0 cm	0,024	0,157	0,789
Cama de 8 cm	0,041	0,152	0,779
Cama de 16 cm	0,059	0,157	0,755
Cama de 24 cm	0,047	0,182	0,740
Cama de 32 cm	0,038	0,172	0,761
Testigo Comercial	0,055	0,158	0,755
Promedio	0,044	0,163	0,763

*Razón de peso radical (RPR); Razón de peso de tallo (RPT) y Razón de peso foliar (RPF).

Con base en el cuadro anterior, se determinó que las plantas cultivadas sin cama (0cm de de altura de cama), fueron las que presentaron el menor índice de razón de peso radical (RPR) (0.024), lo que indica que solamente el 2,4% de su

materia seca total corresponde a las raíces. A su vez estas plantas fueron las que presentaron un mayor índice de razón de peso foliar (0,763).

AL observar el Cuadro 9, podemos determinar que al momento del forzamiento en el área experimental, bajo las condiciones climáticas imperantes durante el periodo de estudio para el híbrido MD-2 las hojas representan en promedio el 76% de su materia seca total, según el índice de razón de peso foliar (0,763). Este porcentaje es menor al valor reportado inicialmente por Py citado por Malezieux *et al.* (2003) correspondiente al 90%. Sin embargo, este valor reportado fue con base en el peso fresco de la planta y no el peso seco como se calculó en este trabajo de investigación.

Sabiendo que las hojas corresponden en promedio al 76% de la materia seca total, se podría esperar que el comportamiento del peso seco de hojas de las plantas cultivadas a diferente altura de cama, sea muy similar a la materia seca total. Esto se puede observar comparando las Figuras 19 y 24 correspondientes a las representaciones gráficas de la materia seca total y el peso seco de hojas respectivamente, en las cuales se puede determinar un comportamiento similar.

Al analizar la representación gráfica del peso seco de hojas se puede observar un leve incremento de materia seca entre el tercer y quinto mes después de siembra, luego se observa un incremento de materia seca lineal entre el quinto mes y el noveno mes después de siembra correspondiente al forzamiento. Durante el periodo evaluado, se puede determinar que las plantas cultivadas en una altura de cama de 32cm presentaron en todos los muestreos realizados mayor materia seca proveniente de las hojas (Figura 24) (Cuadro 9).

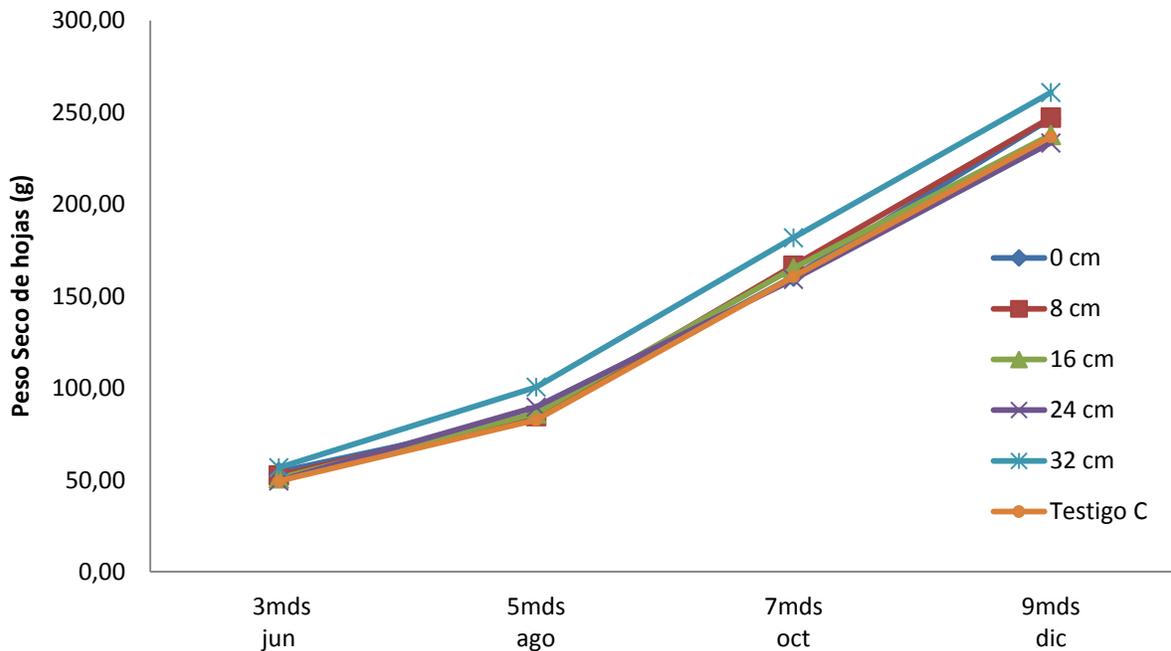


Figura 24. Peso seco de hojas de las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferentes alturas de cama de siembra durante el periodo de estudio en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

A su vez, se puede apreciar que al momento del forzamiento las plantas cultivadas sobre camas de 24cm de altura de cama, presentaron una menor materia seca en las hojas (233,43g), con respecto a las plantas sembradas a una altura de cama de 0 cm (247,26g), a pesar de las plantas a 24cm de altura de cama obtuvieron la mayor ganancia de materia seca total expresada en la tasa de crecimiento absoluto (TCA) (Figura 20) (Cuadro 10).

Los valores altos de peso seco de hojas obtenidos de las plantas sembradas a ocho y 16cm (246,66 y 247,26g respectivamente) en comparación al resto de tratamientos, exceptuando las plantas con una altura de cama de 32cm (260,92g), se debe en gran parte a su mayor razón de peso foliar (RPF), ya que las hojas de las plantas en estas dos alturas de cama representan un 79 y 78% de su materia seca total respectivamente (Cuadro 9).

Cuadro 10. Promedio de peso seco de hojas de plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
	Materia seca de hojas en gramos			
Cama de 0 cm	54,36	84,52	160,74	246,65
Cama de 8 cm	52,54	84,83	166,65	247,26
Cama de 16 cm	50,94	86,25	165,28	237,80
Cama de 24 cm	49,55	89,69	159,22	233,43
Cama de 32 cm	56,75	100,57	181,84	260,92
Testigo Comercial	49,36	82,64	160,69	236,79

4.3.5 *Peso seco de tallo*

Al observar el comportamiento de las plantas cultivadas a diferentes alturas de cama sobre el peso seco de tallo, podemos determinar que hubo muy poca diferencia de materia seca en los tallos entre el tercer y quinto mes después de siembra, los cuales corresponde a los meses entre junio y agosto (Figura 25)

Este comportamiento en el peso seco de tallo entre estos meses es similar para las variables de materia seca total, peso seco de hojas y raíces, debido a que la disminución en la tasa de crecimiento relativo (TCR) producto de una alta precipitación afecta la acumulación de materia seca en todas estas variables por igual.

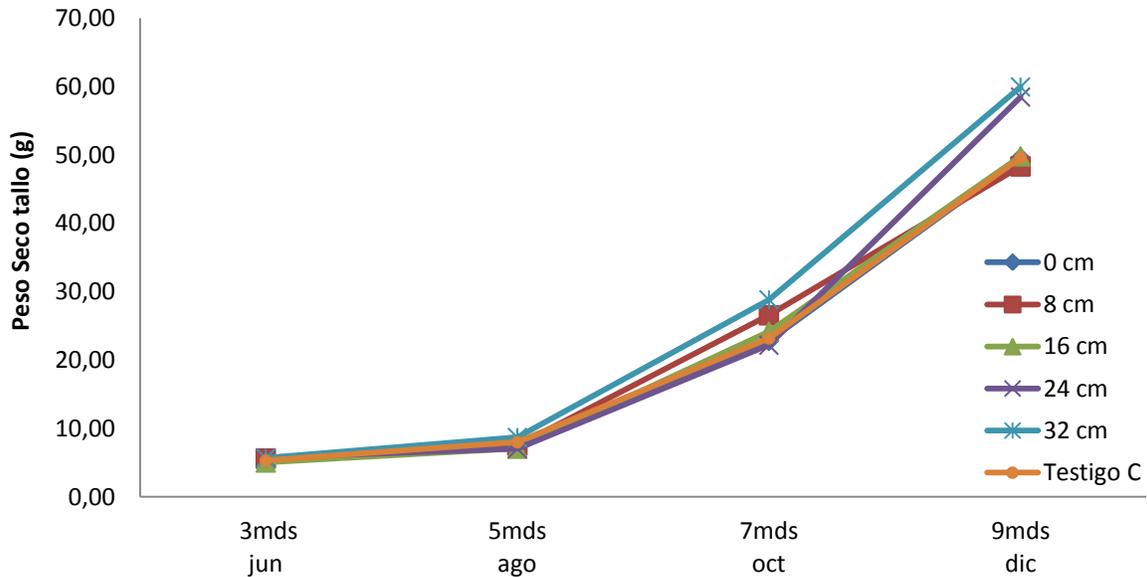


Figura 25. Peso seco de tallo de las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra durante el periodo de estudio en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

El incremento del peso seco de tallo se presenta al quinto mes después de siembra, donde las plantas cultivadas en una altura de cama de 32cm, comienzan a diferenciarse de los otros tratamientos, obteniendo un incremento mayor de peso seco de tallo durante los meses de agosto y octubre de 8,70 a 28,53 gramos de materia seca de tallo.

Este mayor incremento del peso seco de tallo de las plantas cultivadas en camas de siembra de 32cm de altura, se mantiene hasta el forzamiento (59,95g). Sin embargo, durante el séptimo mes después de siembra y el forzamiento las plantas cultivadas en una cama de 24cm de altura, presentaron un incremento de materia seca de tallo importante pasando de 21,62g a 58,46g (Cuadro 11).

La diferencia de peso seco de tallo entre las plantas cultivadas en camas de 32 y 24cm de altura con respecto al resto de tratamientos es aproximadamente de diez gramos de materia seca mayor.

Las plantas cultivadas en camas con una altura de cero, ocho y 16cm, junto con las plantas del tratamiento testigo comercial, son muy similares en el peso seco de tallo al momento del forzamiento.

Cuadro 11. Promedio de peso seco de tallo de plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
	Materia seca de tallo en gramos			
Cama de 0 cm	5,18	7,48	21,54	49,53
Cama de 8 cm	5,61	7,52	26,65	48,32
Cama de 16 cm	5,04	7,06	23,08	49,80
Cama de 24 cm	5,73	7,04	21,62	58,46
Cama de 32 cm	5,68	8,70	28,53	59,95
Testigo Comercial	5,30	8,00	24,67	49,60

Según una comunicación personal del Pineapple Research Institute de Hawái, citado por Malézieux *et al.* (2003), el incremento del peso fresco del tallo en los primeros meses después de sembrado es muy poco y el almidón y contenido de materia seca inicial disminuyen manteniéndose en un 10 a 12% por varios meses.

Bajo las condiciones del área experimental, el comportamiento del peso seco del tallo es similar al reportado por Malézieux *et al.*(2003), teniendo un bajo incremento durante los primeros meses y manteniéndose según el índice de razón de peso de tallo (RPT), con un porcentaje aproximado de 15% del contenido de materia seca total de la planta (Cuadro 9).

Las hojas y el tallo son importantes órganos de almacenamiento de grandes cantidades de carbohidratos en forma de almidón. Según Bartholomew y Paull citado por Malézieux *et al.* (2003), estudios en ambiente controlado demostraron que a una temperatura nocturna de 26 a 30°C, las plantas presentaban menor cantidad de materia seca y poca acumulación de almidón en el tallo, mientras que

plantas con una temperatura de 18 a 22°C presentaron cantidades significativas de carbohidratos en forma de almidón.

Según Hepton (2003) cuando las plantas han crecido bajo condiciones de nutrición y un entorno radical similar, con solamente variaciones en los factores climáticos, existe una clara relación entre la cantidad de materia seca acumulada en el tallo, expresada como una porción de la materia seca total y el peso de la fruta.

Por lo cual, al observar la representación gráfica del peso seco de tallo podemos afirmar, que las plantas cultivadas en camas de 32 y 24cm de altura presentan valores de materia seca de tallo considerablemente mayores que el resto de tratamientos (59,95 y 58,46g respectivamente) al momento del forzamiento, a su vez presentan una mayor razón de peso de tallo (RPT) de 0,172 y 0,182 respectivamente), por lo que muy posiblemente estas plantas podrían contener mayores niveles de carbohidratos que se podrían movilizar para cubrir la demanda de carbono en el desarrollo de fruta, obteniendo un mayor peso de ésta.

4.3.6 *Peso seco de raíces*

Al analizar los datos obtenidos del peso seco de raíz, se puede observar que existe una gran variabilidad en el peso seco de raíz de las plantas, con respecto a las curvas de peso seco de hojas y tallo (Cuadro 12)

Cuadro 12. Promedio de peso seco de raíces de plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
Cama de 0 cm	4,14	4,35	8,76	7,08
Cama de 8 cm	3,67	5,64	6,96	13,10
Cama de 16 cm	3,68	5,69	1,26	18,67
Cama de 24 cm	5,28	5,49	9,37	14,40
Cama de 32 cm	4,99	6,96	8,39	12,79
Testigo Comercial	5,29	6,24	7,94	17,15

Sin embargo, a pesar de la alta variabilidad en el peso seco de raíz para todas las plantas, se puede observar que se mantiene el comportamiento similar a los otros órganos de la planta, donde hubo un leve incremento del peso seco en el tercer y quinto mes después siembra. El mayor incremento en el peso seco de raíz se dio a partir del sétimo mes después de siembra (Figura 26).

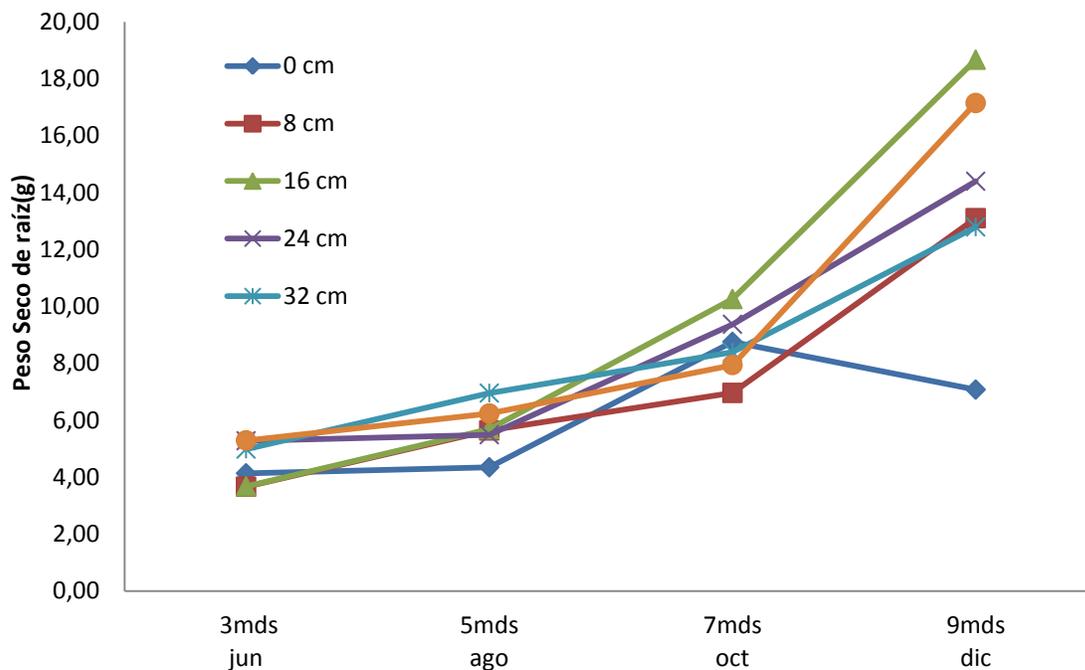


Figura 26. Peso seco de raíz de las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra durante el periodo de estudio en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Dentro de los puntos a destacar en la Figura 26, es el valor significativamente menor (7,08) de las plantas cultivadas en una altura de cama cero centímetros, al momento del forzamiento en el noveno mes después de siembra. Aunque el peso seco de raíz de las plantas de este tratamiento siempre mostró valores bajos, la reducción considerable en el peso seco entre el séptimo mes después de siembra y el forzamiento, puede deberse a una diferencia en la distribución de las raíces en el área de muestreo posiblemente por las diferentes dimensiones de cama y características físicas del suelo de cada tratamiento como la compactación, la cual podría ser mayor en las plantas cultivadas sin cama, dificultando su extracción.

Por otra parte, el testigo comercial, junto con las plantas sembradas en camas de 16cm de altura presento mayor peso seco de raíz al forzamiento que el resto de tratamientos, de 17,15 y 18,67 gramos respectivamente.

Estos valores más altos por parte de las plantas cultivadas a 16cm de altura de cama y el testigo comercial puede ser debido a una mayor proporción de la cantidad de raíces de la planta con respecto a su peso seco total, ya que sus índices de razón de peso radical (RPR), son mucho mayores que el resto, de 0,059 y 0,055 respectivamente (Cuadro 9).

Al analizar el efecto de la altura de cama de siembra de los diferentes tratamientos con las diferentes variables se debe de tener en cuenta que al testigo comercial, no se le añadió, removió o altero las condiciones de suelo previamente establecidas por las labores de preparación de suelo y encamado, por lo que este tratamiento solamente servirá como una referencia del comportamiento de las plantas del lote comercial y no como un testigo del experimento.

Según los muestreos de altura de cama antes de siembra el testigo comercial, presento en promedio una altura de cama de 25cm, la cual se ajusta a la medida estándar establecida. Además contaba con una gran cantidad de terrones y material vegetal de la cosecha anterior (tallos), condición que desfavorece en la siembra un buen contacto del material vegetal con el suelo.

Por otra parte, el tratamiento de altura de cama de que presenta 24cm, es el que posee una altura de cama similar al testigo comercial pero con el manejo y condiciones de suelo que se brindó al resto de tratamientos en la construcción de éstos. Por lo que se podría considerar el tratamiento de 24cm de altura de cama de siembra como el tratamiento testigo del ensayo.

4.4 **Variables biométricas de Hoja D**

4.4.1 *Peso seco de hoja D*

Las hojas D utilizadas para la evaluación de este ensayo fueron identificadas y extraídas de las mismas plantas muestreadas para las variables de peso seco de hojas, tallo y raíces.

Al analizar el comportamiento de los diferentes tratamientos de altura de cama sobre el peso de hoja D de las plantas, se puede determinar que las plantas cultivadas sobre altura de 32cm de cama mantuvieron un peso seco de hoja D mayor durante el tercer al sétimo mes después de siembra (Figura 27).

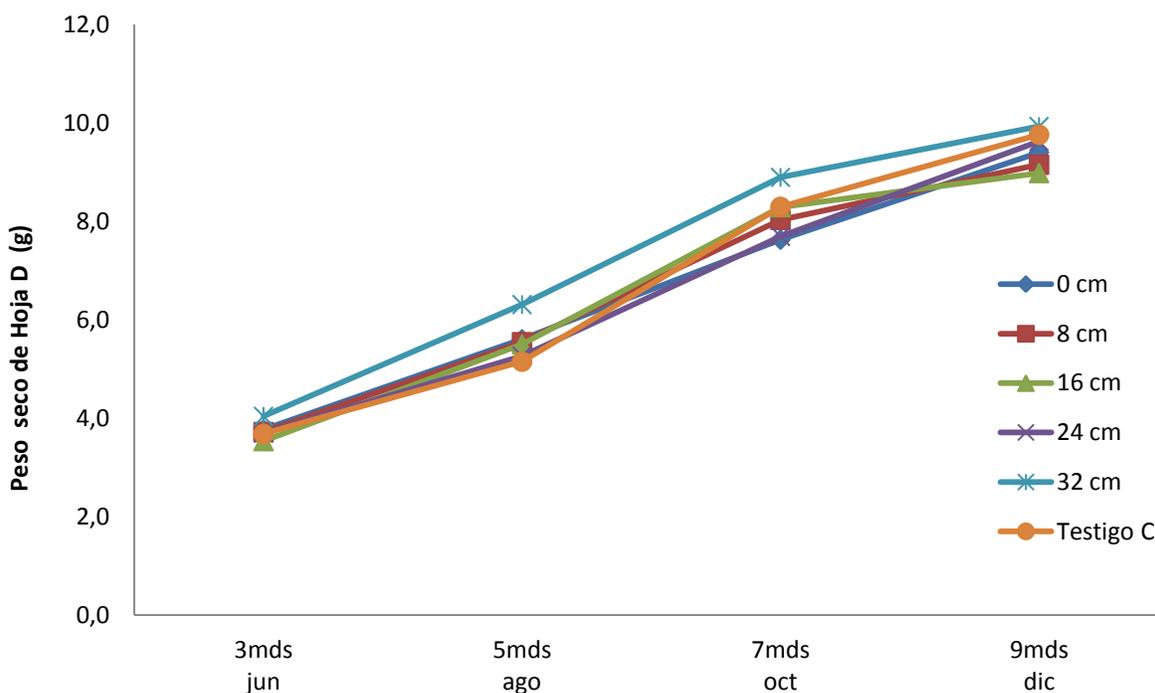


Figura 27. Peso seco de hoja D de las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferentes alturas de cama de siembra durante el periodo de estudio en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Sin embargo, al observar el cuadro 13 en la etapa de forzamiento se puede apreciar una leve disminución del peso seco de hoja de las plantas cultivadas a 32cm de altura de cama (9,9g). Por el contrario, las plantas cultivadas en camas con una altura de cama de 24cm presentaron un leve incremento en el peso seco de hoja D (9,6g), junto con el testigo comercial (9,8g) y las plantas cultivadas sin cama (9,4). Por otro lado, las plantas cultivadas sobre las alturas de cama de ocho y 16cm, presentaron valores bajos de peso seco de hoja D, similares entre sí (9,2 y 8,9g respectivamente)(Cuadro13).

Cuadro 13. Promedio de peso seco de hoja D de plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
	Materia seca de hoja D en gramos			
Cama de 0 cm	3.8	5.6	7.6	9.4
Cama de 8 cm	3.7	5.5	8.0	9.2
Cama de 16 cm	3.5	5.5	8.3	8.9
Cama de 24 cm	3.7	5.3	7.7	9.6
Cama de 32 cm	4.0	6.3	8.9	9.9
Testigo Comercial	3.7	5.2	8.3	9.8

Según Py *et al.* citado por Malézieux *et al.* (2003), no se debe de utilizar el peso hoja D como un estimador del peso de la planta, ya que las plantas al crecer, desarrollan la hoja D a su longitud y peso máximo, mientras que el número de hojas y peso de la planta continua incrementándose.

Sin embargo, si la relación existente entre el peso seco de hoja D y el peso seco total de la planta presenta un comportamiento lineal, según Malézieux *et al.* (2003), se podría utilizar como un indicador de crecimiento hasta los seis meses después de siembra o inclusive antes si el material vegetativo utilizado en la siembra son retoños de gran tamaño.

4.4.2 Longitud de hoja D

Los valores de longitud promedio de hoja D obtenidos y la representación gráfica de éstos, permiten observar que las plantas con una altura de cama siembra de 32cm, fueron ligeramente superiores entre el tercer y séptimo mes después de siembra, que corresponden a los meses entre junio y octubre. Sin embargo, en el mes diciembre en la etapa de forzamiento, las plantas con una altura de cama de 32 cm obtuvieron la menor longitud de hoja D, por debajo de las plantas con 0cm de altura de cama de siembra y el tratamiento utilizado como testigo comercial (Figura 28)

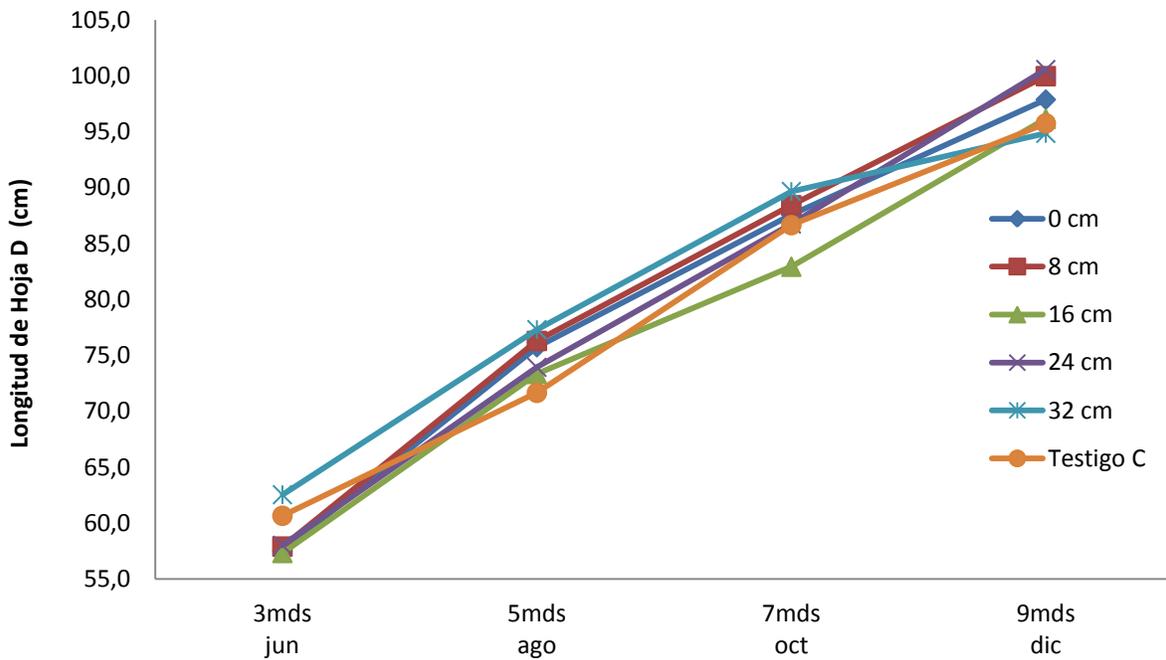


Figura 28. Longitud de hoja D de las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferentes alturas de cama de siembra durante el periodo de estudio en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

En el cuadro 14 se puede observar como las plantas cultivadas sobre una altura de cama de 24cm, presentaron la mayor longitud de hoja D (100,58cm), junto con las plantas sembradas a una altura de cama de 8cm(99,98cm). Por otra parte las plantas cultivadas sobre una altura de 32cm, presenta una longitud de hoja D (94,47cm) similar al testigo comercial (9575cm) al forzamiento.

Cuadro 14. Promedio de longitud de hoja D de plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
	Longitud de hoja D en centímetros			
Cama de 0 cm	57,5	75,7	87,6	97,89
Cama de 8 cm	57,9	76,3	88,4	99,98
Cama de 16 cm	57,3	73,3	82,9	96,17
Cama de 24 cm	58,0	73,3	86,8	100,58
Cama de 32 cm	62,5	77,3	89,7	94,87
Testigo Comercial	60,7	71,7	86,7	95,76

Según Py *et al.* citado por Malézieux *et al.* (2003), La longitud máxima de la hoja D, puede variar según la variedad de planta de piña. Para la variedad de Cayena Lisa, la longitud máxima puede llegar a medir 100cm y la anchura máxima unos 7cm, estos valores reportados por Py, se asemejan a los valores presentes en el cuadro al momento del forzamiento tomando en cuenta que se está evaluando el crecimiento del híbrido MD-2 y no la variedad Cayena Lisa.

4.4.3 Ancho de Hoja D

Las mediciones tomadas del ancho hoja D de las mismas plantas muestreadas, presentaron un comportamiento particular, ya que en los muestreos 3, 5, 7 meses después de siembra, el ancho de estas hojas se incrementó en cada uno de ellos, pero este incremento no se mantuvo para el muestreo al forzamiento, ya que, durante los meses entre octubre y diciembre el ancho de hoja para todos los tratamientos se vio disminuido.

Al analizar el cuadro 15 se puede observar que no existe diferencias importantes de ancho de hoja D en las plantas sembradas a diferente altura de cama durante el periodo de evaluación, sin embargo si se puede apreciar la disminución en los valores de ancho de hoja D para todas las plantas entre el séptimo y noveno mes después de siembra.

Cuadro 15. Promedio de ancho de hoja D de plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
	Ancho de hoja D en centímetros			
Cama de 0 cm	5,3	5,7	5,8	5,6
Cama de 8 cm	5,1	5,7	6,0	5,5
Cama de 16 cm	5,1	5,7	6,1	5,5
Cama de 24 cm	5,2	5,6	6,0	5,6
Cama de 32 cm	5,2	5,8	6,2	5,5
Testigo Comercial	5,1	5,4	6,0	5,7

Esta disminución del ancho de hojas al forzamiento puede estar muy relacionada con la radiación imperante durante los meses de octubre a diciembre.

De acuerdo con las Figuras 28 y 29 correspondientes a la longitud y ancho de hoja D, se puede determinar que al forzamiento se obtuvieron de manera general hojas menos anchas, pero más largas en comparación con los muestreos anteriores.

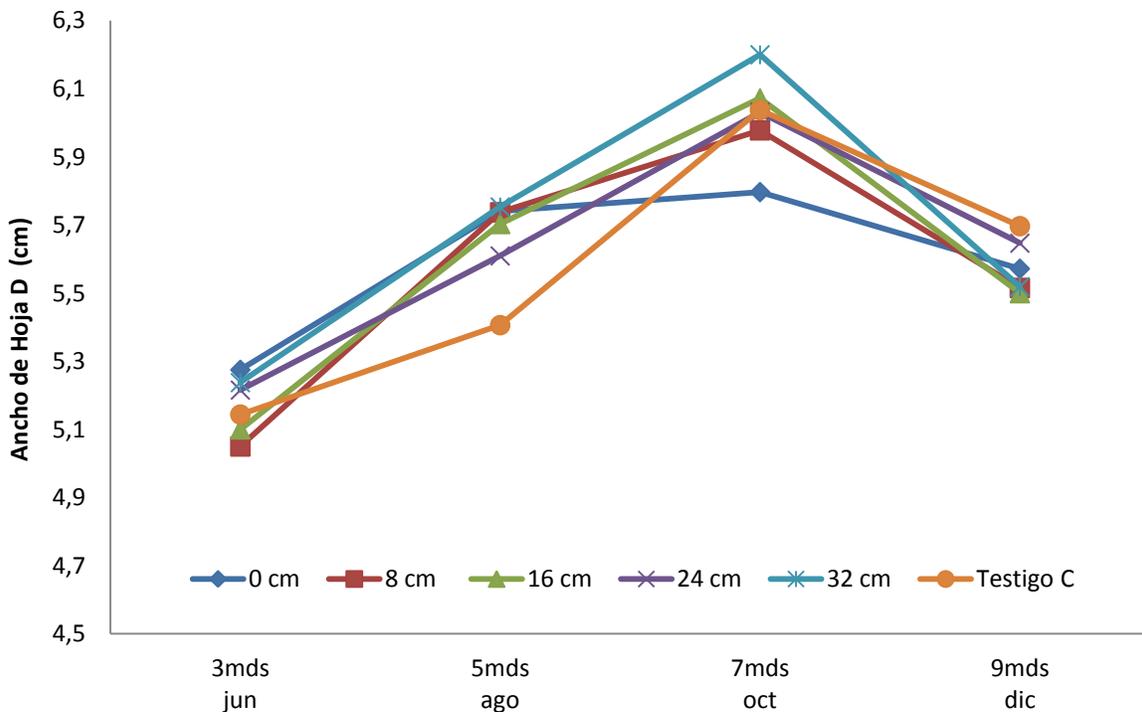


Figura 29. Ancho de hoja D de las plantas de piña híbrido MD2 cultivadas a diferentes alturas de cama de siembra durante el periodo de estudio en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Al observar la Figura 30 que muestra la variación de radiación en MJ/m^2 a lo largo del año en 2012, construida a partir de datos climáticos en la estación meteorológica de sonador, se puede determinar que hubo una disminución drástica de la radiación acumulada entre los meses de octubre a diciembre, teniendo el pico más bajo de radiación del año ($326,71\text{MJ/m}^2$), en noviembre.

Este comportamiento de la radiación en este mes, podría explicar la disminución del ancho e incremento en la longitud de hoja D en la mayoría de las plantas sembradas a diferente altura de cama, exceptuando las plantas a una altura de cama de 32cm, en las cuales el incremento en la longitud de hoja D al forzamiento fue menor en comparación al resto de tratamientos.

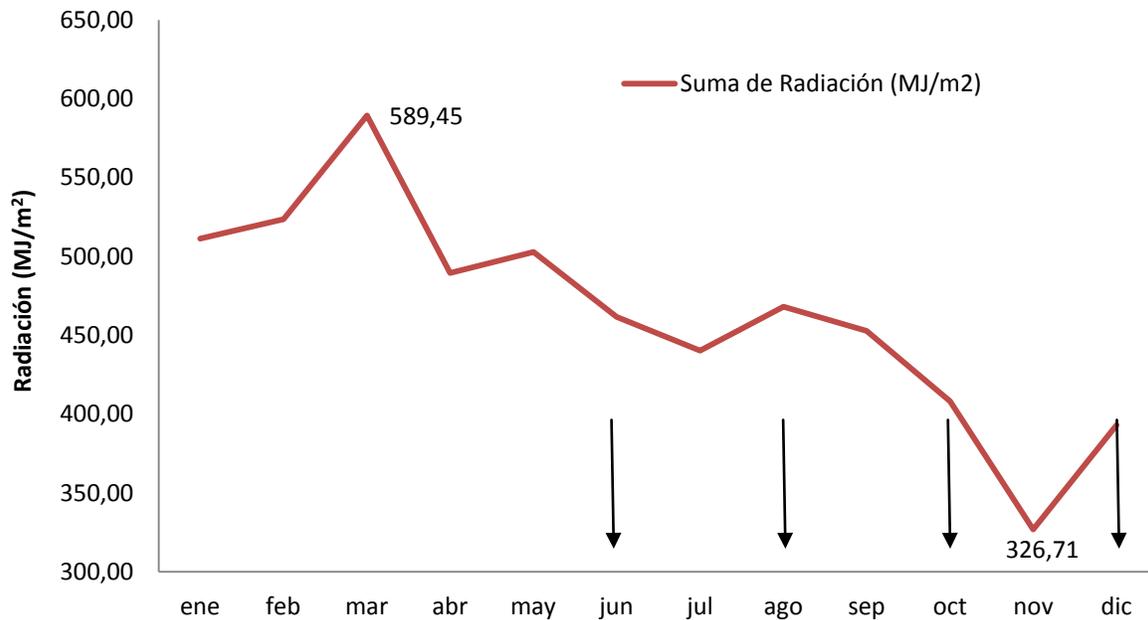


Figura 30. Variación mensual de la radiación durante el año 2012, según datos registrados en la estación meteorológica del sonador, Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

El incremento de la longitud y la disminución del ancho de hoja D bajo estas condiciones concuerda con Py (1987) y Bartholomew (1994) citado por Malézieux *et al.* (2003), los cuales afirman que en ambientes naturales, las plantas que crecen bajo una baja radiación son largas y erectas y de un color verde oscuro, mientras que aquellas plantas que crecen en un ambiente con alta radiación toman una coloración rojiza o amarillenta y además que el ancho de la hoja más larga (hoja D) aumenta conforme se incrementa continuamente el fotoperiodo, mientras que el grosor de la hoja tiende a disminuir.

Por otra parte Connelly (1968) citado por Schaffer *et al.* (1994), en un estudio sobre la fertilización nitrogenada de la planta piña bajo diferentes intensidades de luz, pudo determinar que el promedio de longitud de hoja D fue de 52cm bajo el sol, 55cm en un 25% de sombra y 50cm con un 50% de sombra.

En áreas donde la variación de temperatura es pequeña comparada con la variación de radiación, sobre todo en regiones cerca del ecuador, la radiación

puede convertirse en un efecto determinante del crecimiento de las plantas. (Malézieux *et al.* 2003).

4.5 Área foliar

Al analizar la Figura 31, correspondiente al efecto de la altura de cama de siembra sobre el área foliar de la hoja D, se puede determinar que no existe una diferencia significativa de un tratamiento sobre el resto a lo largo de los meses de estudio.

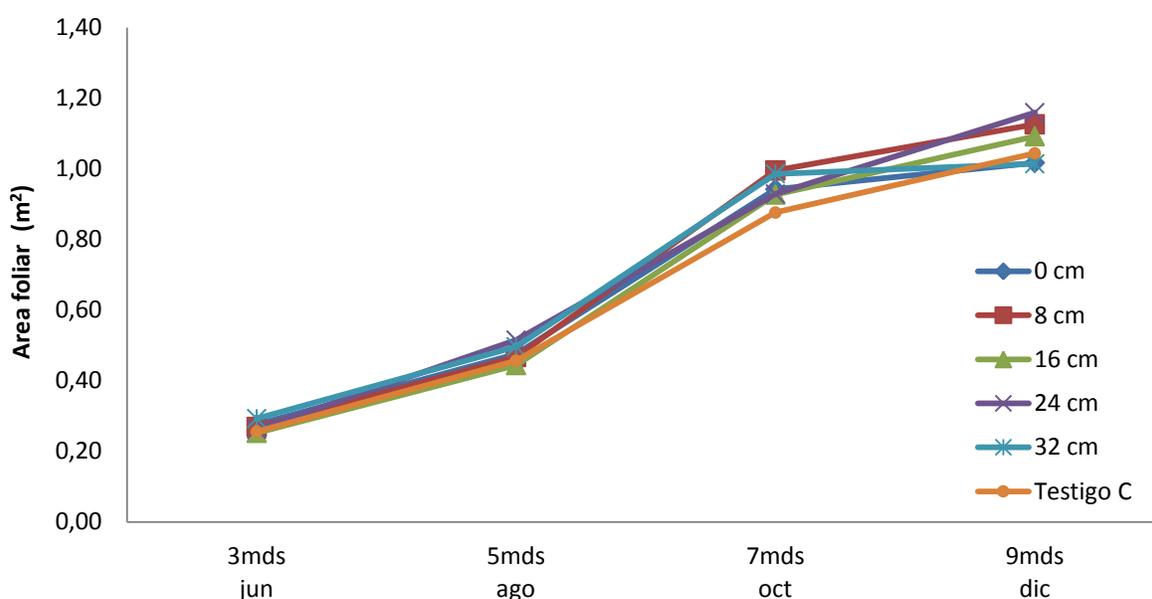


Figura 31. Estimación del área foliar de las plantas cultivadas en diferentes altura de cama de siembra, durante el periodo de evaluación en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Las plantas cultivadas en camas de 24cm de altura de cama siembra presentaron al momento del forzamiento área foliar estimada mayor ($1,16\text{m}^2$). Seguido por las plantas sembradas a una altura de cama de 8cm ($1,13\text{m}^2$). (Cuadro 12).

Cuadro 16. Estimación del Área Foliar promedio de las plantas de piña híbrido MD2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
	Área foliar en m ²			
Cama de 0 cm	0,28	0,48	0,94	1,02
Cama de 8 cm	0,27	0,47	1,00	1,13
Cama de 16 cm	0,25	0,44	0,93	1,09
Cama de 24 cm	0,26	0,52	0,93	1,16
Cama de 32 cm	0,29	0,50	0,99	1,01
Testigo Comercial	0,26	0,46	0,88	1,04

Los valores de área foliar bajo las condiciones suelo y clima del área experimental, son similares a las obtenidas por el Pineapple Research Institute de Hawaii, según Bartholomew y Kadzimin (1977), donde a los ocho meses de edad, las plantas del campo tienen un área foliar aproximada de 0.7 m², la cual continúa su incremento por alrededor de cuatro a seis meses hasta permanecer constante durante otros cuatro a cinco meses, para luego empezar a disminuir.

El tratamiento con una altura de cama de 32cm, cuyas plantas presentaron una considerable diferencia significativa en el peso seco total, no muestra un comportamiento similar para la variable de área foliar, siendo este tratamiento al momento del forzamiento la superficie foliar estimada de menor área.

Al estimar los valores de área foliar de las plantas con una altura de cama de 32cm, podemos observar en la Figura 31, un comportamiento ligeramente superior entre el tercer mes de siembra y el séptimo mes de siembra. Sin embargo, al momento del forzamiento en el noveno mes después de siembra el área foliar disminuye, obteniendo un valor promedio (1,01m²) por debajo del resto de tratamientos.

4.5.1 Índice de área foliar

Otro parámetro importante que está muy relacionado con el área foliar, ya que además de establecer la capacidad productiva de una planta permite tomar en consideración el espaciamiento existente entre las plantas es el índice de área foliar (IAF) (Rodríguez y Leihner 2005). Según Watson (1947) citado por Rodríguez *et al.* (2005), define el concepto de índice de área foliar (IAF) como el área foliar existente por unidad de área de terreno. Por lo tanto, el área de terreno o suelo de la planta de piña híbrido MD2, con una densidad de siembra de 72.895 plantas por hectárea, con una distancia entre planta a 10 pulgadas (25,4cm) y entre hilera a 18 pulgadas (45,7cm) en una disposición de tipo tresbolillo, es de 0,137m²/planta.

En el cuadro 13 se pueden observar los promedios calculados para el índice de área foliar (IAF) para cada tratamiento. El tratamiento de 24cm de altura de cama fue el que obtuvo el mayor índice de área foliar. Esto quiere decir, que este tratamiento posee la mayor superficie foliar en función del área de suelo que ocupa la planta.

Cuadro 17. Índice de Área Foliar (IAF) promedio de las plantas de piña híbrido MD2 cultivadas a diferente altura de cama de siembra en Pindeco Pacífico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Tratamiento Altura de cama de siembra	Meses después de la siembra			
	3	5	7	9
Cama de 0 cm	2,02	3,47	6,87	7,41
Cama de 8 cm	1,96	3,41	7,26	8,21
Cama de 16 cm	1,84	3,24	6,76	7,96
Cama de 24 cm	1,91	3,75	6,77	8,45
Cama de 32 cm	2,13	3,62	7,19	7,39
Testigo Comercial	1,87	3,33	6,39	7,61

Los datos obtenidos de IAF son similares a los reportados por Malézieux *et al.* (2003), en los cuales afirma que el índice de área foliar puede alcanzar valores

máximos de diez a la inducción floral, pero valores entre seis y ocho son más comunes.

Por otra parte, Bartholomew y Kadzimin (2003), reportaron en Hawái datos calculados de IAF a partir de la relación del área foliar y el peso seco de planta, donde demostraron que a una densidad de plantas de 43,000 plantas/ha, el IAF pudo mantenerse arriba de los diez por al menos siete meses. Estos autores sugieren que la capacidad de la planta de piña de sostener valores de IAF altos, se debe en gran parte a la distribución uniforme de la luz en el dosel de las hojas o a un punto de compensación de luz bajo.

Al observar la Figura 32, se observa que el comportamiento del índice de área foliar (IAF) en las plantas cultivadas a diferentes altura de cama es muy similar durante el periodo evaluado (3 a 9 mds) de los índices de IAF calculados, es muy similar a la variable de área foliar.

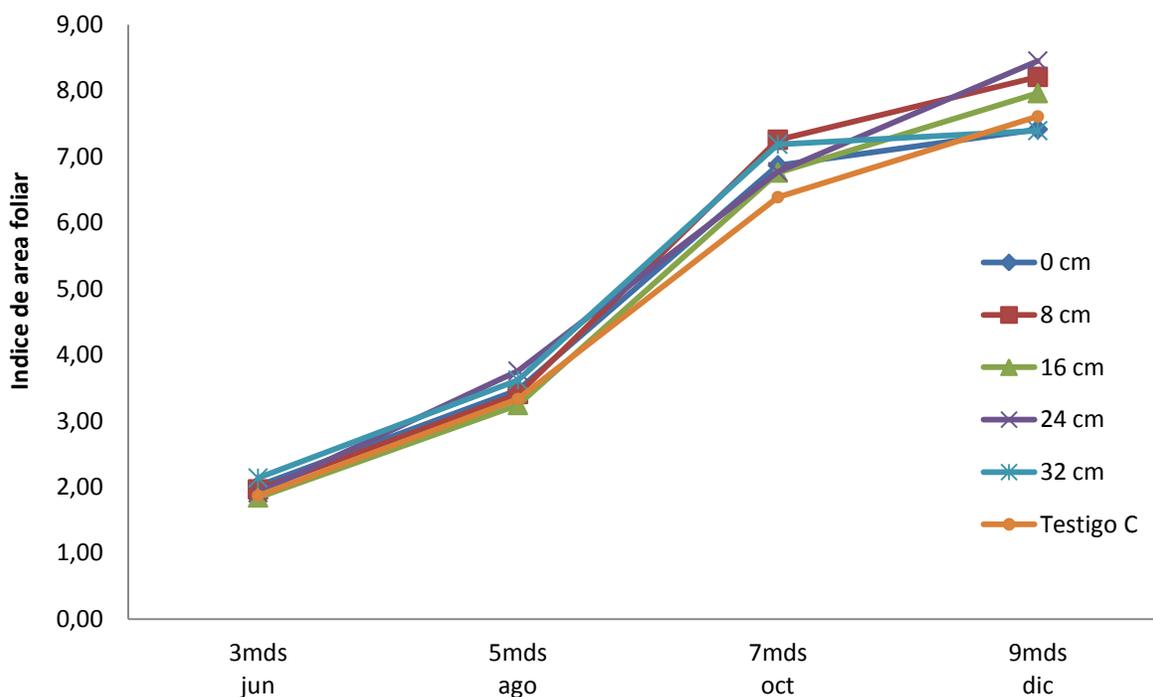


Figura 32. Índice de área foliar de las plantas cultivadas a diferentes altura de cama de siembra, durante el periodo de evaluación en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

4.6 Análisis Estadístico

Luego de haber obtenido los valores de área bajo la curva producto de la sumatoria de las aéreas de los trapecios, se realizó un Análisis de Varianza para un diseño de bloques completos al azar (DBCA) de cada área bajo la curva correspondiente a las variables de estudio.

En el cuadro 14, se puede observar un resumen de los aspectos más importantes en el análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar.

Cuadro 18. Resumen de los datos más relevantes obtenidos del análisis de varianza a partir del área bajo la curva de las variables de estudio en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Variables de estudio	Análisis de varianza del área bajo la curva							
	R ²	CV	Modelo		Tratamiento		Repetición	
			F	p-valor	F	p-valor	F	p-valor
Peso seco de planta	0,43	6,38	1,40	0,2740	2,09	0,1239	0,25	0,8592
Peso seco de hojas.	0,38	7,00	1,14	0,3905	1,74	0,1870	0,16	0,92,31
Peso seco de tallo.	0,38	14,01	1,16	0,3810	1,09	0,4035	1,28	0,3185
Peso seco de raíz	0,56	15,42	2,37	0,0713	2,91	0,0493	1,46	0,2641
Longitud de hoja D	0,53	2,44	2,15	0,0958	2,34	0,0926	1,83	0,1849
Ancho de hoja D	0,43	2,91	1,42	0,2665	0,41	0,8359	3,10	0,0585
Peso seco de Hoja D	0,33	7,95	0,93	0,5188	1,20	0,3540	0,48	0,7019
Área foliar	0,68	6,28	3,93	0,0109	1,18	0,3641	8,51	0,0015

Detalle de análisis estadístico de Infostat en anexos.

Como se puede apreciar en el cuadro 14, los valores p obtenidos para las diferentes variables, muestran que según el Análisis de Varianza no hay diferencias significativas del efecto de los tratamientos sobre las variables de estudio, ya que los valores p son mayores al nivel de significancia nominal de la prueba ($\alpha=0,05$), a excepción de la variable de peso seco de raíz, cuyo valor p es de 0,0493.

Esto quiere decir que para la variable de peso seco de raíz se rechaza la hipótesis nula del experimento, la cual refiere a que la altura de cama de siembra

no tiene un efecto sobre el peso seco de raíz de las plantas y acepta la hipótesis alternativa, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa, indicando que la altura de cama de siembra tiene un efecto sobre el peso seco de raíz. Para las variables de peso seco total, tallo, hojas, longitud, ancho y peso de hoja D, así como el área foliar no hay un efecto de tratamiento sobre estas variables, o sea la altura de cama de siembra según el Análisis de Varianza a partir del área bajo la curva, no tiene un efecto en el crecimiento de estas variables de estudio.

Sin embargo, a pesar de que el Análisis de Varianza indicara una aceptación de la hipótesis nula, se realizaron pruebas a posteriori o pruebas de comparación múltiples para detectar diferencias de medias entre los tratamientos con un nivel de significancia ($\alpha=0,05$), mediante la prueba de rangos múltiples o prueba de Duncan (Cuadro 15).

Cuadro19. Resumen de las diferencias significativas entre tratamientos obtenidas a partir de una prueba de Duncan con un nivel de significancia ($\alpha=0,05$), para las diferentes variables de estudio en Pindeco Pacifico, Buenos Aires, Puntarenas, 2012.

Variables de estudio	Alturas de cama de siembra					Testigo Comercial (6)
	0cm (1)	8cm (2)	16cm (3)	24cm (4)	32cm (5)	
Peso seco de planta	B	B	B	B	A	B
Peso seco de hojas.	AB	AB	AB	AB	A	B
Peso seco de tallo.	A	A	A	A	A	A
Peso seco de raíz	C	BC	A	AB	ABC	AB
Longitud de hoja D	AB	A	B	AB	A	AB
Ancho de hoja D	A	A	A	A	A	A
Peso seco de Hoja D	A	A	A	A	A	A
Área foliar	A	A	A	A	A	A

Letras distintas indican diferencias significativas. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$)
Detalle de análisis estadístico de Infostat en anexos

En el cuadro 15 se puede observar las diferencias significativas encontradas para las diferentes variables, donde se determina estadísticamente que las plantas cultivadas en camas de 32cm de altura de cama presentaron una diferencia significativa de materia seca total y peso seco de hojas, así como una

diferencia significativa junto con las plantas sembradas a 8cm de altura de cama, respecto a longitud de hoja D.

En las variables de peso seco de raíces se observa que estadísticamente las plantas cultivadas en una altura de cama de 16cm, las medias de los tratamientos diferencia significativa respecto a materia seca sobre el resto de tratamientos.

Para las variables de peso seco de tallo, peso seco de hoja D, ancho de hoja D y Área foliar no se observaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos evaluados.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo este trabajo de investigación se puede concluir que:

1. Las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas sobre camas de 32cm de altura presentaron una cantidad significativamente mayor de materia seca total (343,32g) con respecto al resto de plantas cultivadas sobre alturas de camas inferiores y testigo comercial, presentando valores desde 312,66 hasta 317,84 gramos de materia seca total durante el periodo de evaluación.
2. Las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas en camas de 32cm de altura presentaron una cantidad significativamente mayor de peso seco de hojas (260,92g) con respecto al resto de plantas cultivadas sobre alturas de camas inferiores y testigo comercial, presentando valores desde 233,43 hasta 247.26 gramos de materia seca de hojas durante el periodo de evaluación.
3. Las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas sobre camas de siembra de 32 y 24cm de altura presentaron mayor peso seco de tallo (59.95 y 58.46g respectivamente) al momento del forzamiento (9 mds), con respecto al resto de plantas cultivadas sobre camas inferiores y testigo comercial, presentando valores desde 48,53 hasta 49,60g por lo cual se esperaría que las plantas cultivadas sobre 32 y 24cm de altura de cama presenten mayor peso de fruta, debido a una posible mayor movilización de carbohidratos almacenados en el tallo.
4. No se observaron diferencias significativas respecto a la longitud de la hoja D, en las plantas de piña híbrido MD-2 sembradas a diferente altura de cama (0, 8, 16, 24 y 32cm) y testigo comercial (25cm), presentando valores al forzamiento desde 95,76 hasta 100,58cm de longitud.

5. No se observaron diferencias significativas respecto al peso seco de hoja D en las plantas de piña híbrido MD-2 sembradas a diferente altura de cama (0, 8, 16, 24 y 32cm) y testigo comercial (25cm), presentando valores al forzamiento desde 8.9 hasta 9,9 gramos de materia seca.
6. No se observaron diferencias significativas respecto al ancho de hoja D en las plantas de piña híbrido MD-2 sembradas a diferente altura de cama (0, 8, 16, 24 y 32cm) y testigo comercial (25cm), presentando valores al forzamiento desde 5,5 hasta 5,7cm de ancho.
7. No se observaron diferencias significativas en la estimación del área foliar de las plantas de piña híbrido MD-2 sembradas en camas de diferente altura (0, 8, 16, 24 y 32cm) y testigo comercial (25cm), presentando valores al forzamiento desde 1,01 hasta 1,16m² de área foliar.
8. No se observaron diferencias importantes en el Índice de área foliar de las plantas de piña híbrido MD-2 sembradas en camas de diferente altura (0, 8, 16, 24 y 32cm) y testigo comercial (25cm), presentando valores al forzamiento desde 7,41 hasta 8,45 de Índice de área foliar.
9. Las plantas de piña híbrido MD-2 cultivadas sin cama (0cm) presentaron la menor razón de peso radical (RPR) (0.024) al forzamiento, sin embargo estas plantas también presentaron la mayor razón de peso foliar (RPF) (0,789) con respecto al resto de plantas cultivadas sobre alturas de camas mayores y testigo comercial.
10. Las plantas sembradas sobre camas de 32 y 24 cm presentaron la mayor razón de peso tallo (RPT) (0,172 y 0,182 respectivamente) al forzamiento, con respecto al resto de plantas cultivadas en camas inferiores y testigo comercial, presentando valores desde 0,152 hasta 0,158.

11. Las plantas sembradas sobre camas de 32cm de altura presentaron una tasa de crecimiento absoluto (TCA) mayor (0,52, 0,82 y 1,70 g/día) entre el tercer y sétimo mes después de siembra con respecto a las plantas sembradas en camas con alturas inferiores y testigo comercial.
12. Las plantas de piña sembradas en camas de 32cm de altura presentaron la mayor tasa de crecimiento absoluto (TCA) (0,82g/día) y la mayor tasa media de crecimiento relativo (TMCR) (0,28g/g/día), bajo altas precipitaciones con respecto a plantas sembradas sobre camas de inferior altura entre el tercer y quinto mes después de siembra.
13. Las plantas de piña cultivadas sin cama presentaron la menor tasa de crecimiento absoluto (TCA) (0,56g/día) y la menor tasa media de crecimiento relativo (TMCR) (0,20g/g/día), bajo altas precipitaciones con respecto a plantas sembradas sobre camas de mayor altura entre el tercer y quinto mes después de siembra.
14. Se observó durante el periodo de evaluación que una mayor diferencia térmica entre la temperatura máxima (31,9°C) y mínima (17,40°C) en septiembre, podría incrementar la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la tasa media de crecimiento relativo (TMCR) en plantas de piña híbrido MD-2 entre el quinto y sétimo mes después de siembra
15. Se observó durante el periodo de evaluación que un nivel bajo acumulado de radiación (326,71MJ/día) en diciembre, podría aumentar la longitud de hoja D, y disminuir el ancho de hoja D, la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la tasa media de crecimiento relativo (TMCR) en las plantas de piña híbrido MD-2, entre el sétimo y noveno mes después de siembra.

6. RECOMENDACIONES

Al evaluar el efecto de la altura de cama de siembra sobre el crecimiento de la planta de piña híbrido MD-2 sería recomendable:

1. En investigaciones similares ejecutar una mayor frecuencia de muestreo, para así obtener un mayor número de evaluaciones que nos permitan describir de una manera más precisa el comportamiento y las interacciones de los factores externos en las diferentes variables de estudio en el análisis de crecimiento.
2. En ensayos similares utilizar al momento de la siembra, material vegetativo con un peso exacto, con el fin de homogenizar y reducir la variabilidad del peso inicial.
3. En investigaciones similares utilizar en la construcción de las parcelas experimentales, los implementos agrícolas normalmente utilizados para la práctica de labranza y encamado en áreas semicomerciales.
4. En estudios similares evaluar el efecto de la altura de cama de siembra sobre la incidencia de enfermedades en el cultivo de la piña MD-2.
5. Evaluar el efecto de la altura de cama de siembra sobre la producción y calidad de la fruta en el cultivo de piña híbrido MD-2.
6. Evaluar mediante un análisis económico la relación costo-beneficio de la posible implementación de diferente altura de cama de siembra y su efecto económico en el manejo y producción de la planta de piña híbrido MD-2.

7. LITERATURA CITADA

Arroyo, T. 1979. Fruticultura tropical. San Carlos, Costa Rica. I.T.C.R. 200 p.

Alvim P, Kozlowski T. 1977. Echophysiology of Tropical Crops. ACADEMIC PRESS. New York. 113-156p.

Aragón, C.R.J. 1988. Evaluación de la tecnología utilizada en el cultivo de la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) en la zona de Pital de San Carlos y Rio Cuarto de Grecia. Costa Rica. Practica de especialidad. Escuela de Agronomía. I.T.C.R. 82 p.

Astegiano, E.D. Favaro, J.C. Bouzo, C.A. 2001. Estimación del Área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentim* Mill.) utilizando medidas lineales. Universidad Nacional del Litoral.Vol 16. Argentina.

Azofeifa A., Moreira M. 1998. Análisis de crecimiento del chile dulce (*Capsicum annum* L.) cultivar UCR 589 en Alajuela, Costa Rica. Boletín técnico. Estación Experimental Fabio Baudrit M. 31(1): 1-12.

Barahona, M. 1998. Fruticultura Especial: Piña y Papaya. 1ª reimpresión de la 1ª Edición. EUNED. San José. Costa Rica.

Bartholomew, DP. y Kadzimin, S.B. 1977. In: Alvim P, Kozlowski T. 1977. Echophysiology of Tropical Crops. ACADEMIC PRESS. New York. 113-156p.

Bartholomew, D.P. Paull, R.E. Rohrbach, K.G. 2003. The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing. New York. 301p.

Bertsch F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. 1ª Edición. ACCS. San Jose. Costa Rica.

Camacho, G. 2002. Análisis comparativo del desarrollo de un cultivo de Piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) sembrado en labranza mínima y en labranza convencional en finca FRUTEX S.A., Pital, San Carlos Pract. Esp. Ing. Agr. San Carlos. C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía. 92 p.

Castro, J. Z. 1998. El Cultivo de la Piña. Manual para el curso de Fruticultura. San Carlos. C.R, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía. 30 p.

Chaverri, R. G. 1980. Estudio sobre el cultivo de la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) en la Hacienda Cuatro Marías S.A. Pital de San Carlos. Practica de Especialidad. Escuela de Agronomía. I.T.C.R. 85 p.

Coppensd'Eckenbrugge, G. Leal, F. 2003. Morphology, Anatomy and Taxonomy. *In: Bartholomew, D.P. Paull, R.E. Rohrbach, K.G. 2003. The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing. New York. 301p.*

Chavarría, G.A. 1996. Comparación del crecimiento vegetativo de dos tipos de hijos utilizados para la propagación comercial de la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) Var Champaka en la zona de Pital de San Carlos. Practica de Especialidad. Escuela de Agronomía. I.T.C.R. 77 p.

Chaves, A. 2011. Pilar del desarrollo Económico y Social. Piña de Costa Rica. CANAPEP, Sétima Edición. 70 p

Evans, G. 1972. The quantitative analysis of plant growth. Studies in ecology. Vol 1. Blackwell Scientific Publication. London. Pp 45-68.

Guido, M. 1983. La piña. Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reformas Agrarias. IICA. 20 p.

Hepton, A. 2003. Cultural System. *In*: Bartholomew, D.P. Paull, R.E. Rohrbach, K.G. 2003. The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing. New York. 301p.

Hunt, R. Plant Growth Analysis. Studies in Biology No. 96. Edward Arnold Publishers. London. 1978.

Hernandez, MS; A. Casas; O. Martinez; J.A GALVIS. 1995. Modelos exponenciales y polinomiales para la predicción de medidas de crecimiento en el árbol de maraco (*T. bicolor* H.B.K.). Colombia Amazonica.

Jiménez, J. 1999. Manual práctico para el cultivo de piña de exportación. 1 ed. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 222 p.

Martin, G. Soto, F. Rivera, R. Renteria, M. 2006. Estimación de la superficie foliar de la *Canavalia ensiformis* a partir de las medidas lineales de sus hojas. Cultivos Tropicales. Vol 27, No 4. p 77-80

Malézieux, E. Cote, F. Bartholomew, DP. 2003. Crop Environment, Plant Growth and Physiology. *In*: Bartholomew, D.P. Paull, R.E. Rohrbach, K.G. 2003. The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing. New York. 301p.

MAG. 2010. Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña. MAG. Servicio Fitosanitario del Estado. Heredia, C.R. 136 p

Procomer. 2011. Portal Estadístico de Comercio Exterior. Disponible en línea, accesado el 24/09/11. <http://www.procomer.com/contenido/portal-estad%C3%ADstico-de-comercio-exterior.html>.

Py, C. Lacoëuilhe, J.J., and Teison, C. 1987. The Pineapple. Cultivation and Uses. G.-P. Maisonneuve, Paris.

Py, C. 1969. La piña tropical, Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Editorial Blume. Barcelona, España. 280 p.

Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae-Their use and abuse. Crop Science 7:171-175.

Rodríguez, K. 2000. Manejo agronómico de una plantación comercial de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) cultivar Champaka e híbrido MD-2, en Finca Ganadera La Flor S.A. Rio Cuarto, Grecia, Costa Rica. Pract. Esp. Ing. Agr. San Carlos. C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía. 92 p.

Rodríguez, W. Leihner, D. 2006. Análisis del crecimiento vegetal. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Iª Edición. Vol 7. Editorial Universidad de Costa Rica. 4 – 20 pp

Rojas, L. 1987. El cultivo de la piña. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. 10 p

Schaffer, B. Andersen, P. 1994. Handbook of Environmental Physiology of fruits crops. Volumen II: Sub-Tropical and Tropical Crops. CRC Press. 310p.

Saborío, J. 2000. Manejo agronómico del cultivo de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) y determinación de la condición nutritiva de las plantas pre inducción floral en finca A.P.A.C.O.N.A, Guatuso, Upala. Pract. SUAREZ, F. 1979. Conservación de Suelos. Editorial IICA. Tercera Edición. San José. Costa Rica. 297 Pract. Esp. Ing. Agr. San Carlos. C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía. 92 p. 67 p

8. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza y comparación de medias mediante Duncan a partir de los datos calculados del área bajo la curva de la variable de materia seca total.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PSP	24	0,43	0,12	6,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44922993,07	8	5615374,13	1,40	0,2740
Tratamiento	41895513,38	5	8379102,68	2,09	0,1239
Repeticion	3027479,69	3	1009159,90	0,25	0,8592
Error	60236757,72	15	4015783,85		
Total	105159750,79	23			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4015783,8478 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5,00	34297,32	4	1001,97 A
2,00	31218,53	4	1001,97 B
3,00	31039,96	4	1001,97 B
4,00	30988,29	4	1001,97 B
6,00	30509,96	4	1001,97 B
1,00	30422,17	4	1001,97 B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 2. Análisis de varianza y comparación de medias mediante Duncan a partir de los datos calculados del área bajo la curva de la variable de peso seco de hojas.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PSH	24	0,38	0,05	7,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27826105,32	8	3478263,17	1,14	0,3905
Tratamiento	26389000,97	5	5277800,19	1,74	0,1870
Repeticion	1437104,35	3	479034,78	0,16	0,9231
Error	45590247,87	15	3039349,86		
Total	73416353,19	23			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 3039349,8578 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5,00	27158,97	4	871,69 A
2,00	24885,48	4	871,69 A B
3,00	24545,83	4	871,69 A B
1,00	24537,50	4	871,69 A B
4,00	24310,52	4	871,69 A B
6,00	23956,72	4	871,69 B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 3. Análisis de varianza y comparación de medias mediante Duncan a partir de los datos calculados del área bajo la curva de la variable de peso seco de tallo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PST	24	0,38	0,05	14,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2631588,39	8	328948,55	1,16	0,3810	
Tratamiento	1548439,47	5	309687,89	1,09	0,4035	
Repeticion	1083148,92	3	361049,64	1,28	0,3185	
Error	4244801,71	15	282986,78			
Total	6876390,10	23				

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 282986,7805 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5,00	4268,05	4	265,98 A
4,00	3928,84	4	265,98 A
2,00	3790,54	4	265,98 A
6,00	3727,68	4	265,98 A
3,00	3568,92	4	265,98 A
1,00	3495,38	4	265,98 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo 4. Análisis de varianza y comparación de medias mediante Duncan a partir de los datos calculados del área bajo la curva de la variable de peso seco de raíz.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PSR	24	0,56	0,32	15,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	959499,67	8	119937,46	2,37	0,0713	
Tratamiento	737534,18	5	147506,84	2,91	0,0493	
Repeticion	221965,49	3	73988,50	1,46	0,2649	
Error	759297,56	15	50619,84			
Total	1718797,23	23				

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 50619,8376 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
3,00	1681,82	4	112,49 A
6,00	1574,95	4	112,49 A B
4,00	1531,92	4	112,49 A B
5,00	1502,90	4	112,49 A B C
2,00	1301,47	4	112,49 B C
1,00	1160,28	4	112,49 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo 5. Análisis de varianza y comparación de medias mediante Duncan a partir de los datos calculados del área bajo la curva de la variable de longitud de hoja D.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LHD	24	0,53	0,29	2,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2275785,15	8	284473,14	2,15	0,0958
Tratamiento	1549101,11	5	309820,22	2,34	0,0926
Repeticion	726684,04	3	242228,01	1,83	0,1849
Error	1985030,43	15	132335,36		
Total	4260815,59	23			

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 132335,3621 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5,00	15203,66	4	181,89 A
2,00	15107,95	4	181,89 A
1,00	14942,87	4	181,89 A B
4,00	14899,28	4	181,89 A B
6,00	14681,10	4	181,89 A B
3,00	14447,94	4	181,89 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo 6. Análisis de varianza y comparación de medias mediante Duncan a partir de los datos calculados del área bajo la curva de la variable de ancho de hoja D.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AHD	24	0,43	0,13	2,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10718,85	8	1339,86	1,42	0,2665
Tratamiento	1927,40	5	385,48	0,41	0,8359
Repeticion	8791,45	3	2930,48	3,10	0,0585
Error	14175,56	15	945,04		
Total	24894,41	23			

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 945,0372 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5,00	1074,54	4	15,37 A
3,00	1058,65	4	15,37 A
4,00	1058,46	4	15,37 A
2,00	1053,91	4	15,37 A
1,00	1051,58	4	15,37 A
6,00	1045,58	4	15,37 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo 7. Análisis de varianza y comparación de medias mediante Duncan a partir de los datos calculados del área bajo la curva de la variable de peso seco de hoja D.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PSHD	24	0,33	0,00	7,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	74542,35	8	9317,79	0,93	0,5188	
Tratamiento	60185,45	5	12037,09	1,20	0,3540	
Repeticion	14356,90	3	4785,63	0,48	0,7019	
Error	149947,12	15	9996,47			
Total	224489,48	23				

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 9996,4749 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5,00	1367,41	4	49,99 A
6,00	1250,62	4	49,99 A
3,00	1243,38	4	49,99 A
2,00	1241,03	4	49,99 A
1,00	1229,01	4	49,99 A
4,00	1217,02	4	49,99 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo 8. Análisis de varianza y comparación de medias mediante Duncan a partir de los datos calculados del área bajo la curva de la variable de área foliar.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AF	24	0,68	0,50	6,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2083,42	8	260,43	3,93	0,0109	
Tratamiento	391,34	5	78,27	1,18	0,3641	
Repeticion	1692,09	3	564,03	8,51	0,0015	
Error	994,35	15	66,29			
Total	3077,78	23				

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 66,2903 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2,00	133,93	4	4,07 A
4,00	133,59	4	4,07 A
5,00	132,41	4	4,07 A
1,00	128,01	4	4,07 A
3,00	126,72	4	4,07 A
6,00	122,93	4	4,07 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)