

**PROGRAMACIÓN Y MANEJO DEL RIEGO LOCALIZADO, EN EL CULTIVO DE
PIMENTÓN (*Capsicum annum L.*), MEDIANTE TRES MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE
LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN CONDICIONES DE INVERNADERO, SANTA
ROSA, MÉRIDA, VENEZUELA**

Por:

Carolina Elizabeth Valera Victorá

**Trabajo de Grado para optar por el grado de Magister Scientiae en
Desarrollo de los Recursos Aguas y Tierras, mención
"Ingeniería de Riego y Drenaje"**



**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

Mérida, Venezuela

Mayo, 2013



www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

DEDICATORIA:

A mis Padres Valeria y Marino, gracias por estar siempre conmigo, los Amo.

A mi abuelo Mario; eres un gran ejemplo de lucha y dedicación. Te Amo abuelo.

A mis hermanos y sobrinos este nuevo triunfo es de ustedes.

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTOS

Con toda la humildad que sale de mi corazón agradezco primeramente a Dios todopoderoso y a su hijo Jesucristo por darme sabiduría y mucha fortaleza para seguir adelante. *Con Dios todo sin el nada.*

A mis padres, Valeria y Marino, por su gran apoyo, confianza, amor y por su tolerancia en mis arranques. Es una gran fortuna ser hija de unos Padres tan maravillosos como los son ustedes. Los Amo.

A mis hermanos por apoyarme en todo, a mis sobrinos por ser mi felicidad, mi inspiración y a toda mi familia, gracias. Los quiero muchote.

Me siento eternamente honrada y agradecida por su gran apoyo, confianza, formación, orientación y su valiosa amistad, por todas las oportunidades, gracias Profesor Luis Rázuri Ramírez, que Dios me lo bendiga siempre.

Al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de los Andes, CIDIAT-ULA.

Al Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico CDCHT-ULA, por el aporte financiero prestado al proyecto bajo el código VA-07-12-01-EM.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP), Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales ULA, por facilitar las instalaciones para el desarrollo del trabajo.

Al Profesor Ramón Jaimez, por darme su apoyo durante la ejecución del proyecto y por facilitarme las instalaciones para la ejecución del proyecto.

Al Profesor Jaime Proaño por su colaboración en la realización del trabajo.

Al Profesor Argenis Mora, por su gran ayuda en el análisis de los resultados, muchísimas gracias
Profe que Dios lo bendiga.

A los Profesores: José Rosales, Merino Piña, por su amistad y apoyo en la tesis.

Al Profesor Ricardo Trezza, por su colaboración en el trabajo.

Al Ing. Wilmer Espinoza, por su amistad y valiosa colaboración en el trabajo de campo.

A la Lic. Carmen Azocar, por su apoyo y amistad.

A la Ing. Osmar Araque por su valiosa ayuda en mediciones de campo.

A mis compañeros de postgrado por todos los momentos compartidos. Un abrazote, se les quiere.

Agradezco enormemente a Luz María González, Angélica Castro, Zayda Servitá, Antonio Cortés.
Se les quiere un montón. *“Vivir sin amigos, no es vivir” (Cicerón).*

A la Sra. Rosa Sierra muchísimas gracias por abrirme las puertas de su casa y brindarme su
apoyo, que Dios me la bendiga siempre.

A Leo Romero, Albania Patiño, Héctor Dávila, Nidia Lugo, mil gracias. Se les quiere.

Mil gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron con la culminación
de este proyecto.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ix
INDICE.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xv
LISTA DE FIGURAS.....	xix
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xxiii
RESUMEN.....	xxvii

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3

CAPÍTULO 2.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Invernaderos.....	5
2.2. Cultivos en invernadero.....	5
2.3. Variedades cultivadas en invernadero.....	6
2.4. Características del cultivo de pimentón.....	6
2.5. Necesidades de agua de los cultivos bajo invernadero.....	8
2.6. Factores climáticos que influyen en el consumo de agua bajo invernadero.....	9
2.7. Métodos de programación de riego.....	10
2.8. Determinación de la evapotranspiración de referencia (Eto).....	11
2.8.1. Modelo de la tina de evaporación tipo “A”.....	12
2.8.1.1. Descripción de la Tina estándar Tipo “A”.....	13
2.8.2. Modelo de radiación.....	14
2.8.3. Balance de agua.....	15
2.9. Manejo y programación de riego.....	15

CAPITULO 3.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Ubicación geográfica del área de estudio.....	17
3.2. Invernadero.....	18
3.3. Características agronómicas de los híbridos.....	18
3.3.1. Híbrido Red Jewel F1.....	18
3.3.1.1. Descripción.....	18
3.3.2. Híbrido RPP1216.....	19
3.3.2.1. Descripción.....	19
3.4. Diseño de la investigación.....	20
3.5. Agua de riego.....	23
3.6. Semillero.....	23
3.7. Sustrato.....	23
3.8. Sistema de riego empleado.....	24
3.9. Trasplante.....	26
3.10. Manejo y programación del riego.....	27
3.10.1. Estrategia de aplicación del riego.....	27
3.10.2. Cálculo de la evapotranspiración.....	30
3.10.2.1. Método de Tina tipo A.....	30
3.10.2.2. Método de Radiación (fórmula para invernadero).....	30
3.10.2.3. Balance de agua.....	33
3.10.3. Cálculo del tiempo de riego.....	34
3.10.4. Fertirrigación.....	34
3.10.5. Conductividad eléctrica y pH.....	35
3.10.6. Potenciales hídricos e intercambio de gases.....	35
3.11. Prácticas agronómicas.....	37
3.11.1. Control de plagas y enfermedades.....	37
3.11.2. Prácticas culturales.....	38

3.12. Recolección de datos, variables morfológicas y componentes de rendimiento.....	41
3.12.1. Rendimiento.....	41
3.12.2. Diámetro ecuatorial y polar.....	41
3.12.3. Número y peso de frutos.....	42
3.12.4. Altura de la planta.....	42
3.12.5. Diámetro del tallo.....	42
CAPITULO 4.....	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Agua de riego.....	45
4.2. Sustrato.....	45
4.3. Información climática.....	45
4.4. Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto).....	50
4.4.1. Coeficiente del tanque evaporímetro (Kp).....	51
4.5. Coeficiente del cultivo.....	53
4.6. Evapotranspiración del cultivo.....	56
4.7. Manejo y programación del riego.....	57
4.7.1. Tiempo de riego.....	58
4.7.2. Volumen aplicado por unidad de área.....	60
4.7.3. Fertirrigación.....	61
4.7.4. Salinidad.....	63
4.7.5. Potenciales hídricos en la planta.....	65
4.7.6. Intercambio de gases.....	68
4.8. Variables morfológicas y componentes de rendimiento.....	72
4.8.1. Rendimiento.....	72
4.8.2. Relación entre las láminas aplicadas y los rendimientos obtenidos.....	75
4.8.3. Diámetro polar y ecuatorial.....	75
4.8.4. Número de frutos.....	78

4.8.5. Peso de frutos.....	80
4.8.6. Altura de la planta y diámetro del tallo.....	81
4.9. Resultados del análisis estadístico.....	84
4.9.1. Rendimiento.....	84
4.9.2. Lámina vs producción.....	85
4.9.3. Diámetro polar y ecuatorial.....	87
4.9.4. Número total de frutos y peso promedio de frutos.....	94
4.9.5. Peso de fruto por planta.....	98
4.9.6. Altura de la planta.....	101
4.9.7. Potenciales hídricos.....	108
4.9.8. Intercambio de gases.....	111
CAPÍTULO 5.....	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115
5.1. Conclusiones.....	115
5.2. Recomendaciones.....	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
APÉNDICES.....	127

LISTA DE TABLAS

Tabla	Pág.
3.1 Análisis de varianza para un diseño en parcelas divididas en bloques con arreglo completamente aleatorio con submuestreo con tres réplicas.....	21
3.2 Valores de temperatura base (T_b), temperatura óptima (T_{op}) y temperatura umbral superior (T_{us}), para cada cultivo.....	31
3.3 Valores de K_c mínimo ($K_{c_{min}}$) y máximo ($K_{c_{max}}$) obtenidos experimentalmente para los cultivos hortícolas bajo invernadero.....	33
4.1 Valores máximos y mínimos medios mensuales de temperatura, valores medios mensuales de humedad relativa y radiación total durante el período del cultivo, en Invernadero de Santa Rosa, Mérida.....	46
4.2 Valores promedios semanales del diferencial térmico medidos dentro del invernadero en cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	47
4.3 Valores promedios semanales del coeficiente del cultivo (K_c), medidos y simulados.....	54
4.4 Tiempos de riego promedios semanales (min).....	59
4.5 Tiempos de riego (min).....	59
4.6 Volúmenes diarios promedios, máximos y mínimos aplicados por m^2 de invernadero.....	61
4.7 Cantidad total de fertilizantes utilizados.....	62
4.8 Índices de referencia para pimentón.....	62
4.9 Valores de conductividad eléctrica y pH del sustrato, a una relación de 1:1, medidos a diferentes profundidades.....	65
4.10 Intercambios de gases medidos en dos híbridos de pimentón. Densidad de flujo de Fotones DFF ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), asimilación de CO_2 A ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), transpiración E ($mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$), conductancia estomática g_s ($mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$) y eficiencia del uso de agua EUA ($mmol\ mol^{-1}$).....	69
4.11 Rendimiento por cada híbrido y tratamiento.....	72

4.12	Relación del uso eficiente del agua en kg/m ³	75
4.13	Altura de la planta en dos híbridos de pimentón.....	82
4.14	Diámetro del tallo medido en dos híbridos de pimentón.....	83
4.15	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable cosecha (rendimiento total kg) en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	84
4.16	Análisis de varianza (ANOVA) para la relación producción vs lámina aplicada y análisis de medias.....	86
4.17	Análisis de varianza (ANOVA) para las variable diámetro polar y ecuatorial del fruto en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	88
4.18	Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable diámetro polar en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	91
4.19	Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable diámetro ecuatorial en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	93
4.20	Análisis de varianza (ANOVA) para las variables número total de frutos y peso promedio de frutos en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	95
4.21	Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable peso promedio de fruto en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	97
4.22	Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de fruto por planta (Kg) en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	98
4.23	Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable peso de fruto por plata en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	100
4.24	Análisis de varianza (ANOVA) para las variables altura de la planta y diámetro del tallo en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	102

4.25	Análisis de varianza (ANOVA) de crecimiento usando el modelo de crecimiento logístico para las variables altura de la planta y diámetro del tallo en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	104
4.26	Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable altura de la planta en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	107
4.27	Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable diámetro del tallo en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	108
4.28	Análisis de varianza (ANOVA) para las variable de potenciales hídricos medidos en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	109
4.29	Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable de potenciales hídricos medidos en horas del medio día en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	111
4.30	Análisis de varianza (ANOVA) para las variable de intercambio de gases en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	112
4.31	Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable de intercambio de gases medidos en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annum L.</i>).....	114

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
2.1 Tina de evaporación tipo “A”.....	14
3.1 Ubicación del área de investigación.....	17
3.2 Invernadero.....	18
3.3 Híbrido Red Jewel F1.....	19
3.4 Híbrido RPP1216.....	19
3.5 Esquema de distribución experimental en invernadero de las parcelas principales y secundarias.....	22
3.6 Tanques de almacenamiento.....	23
3.7 Equipo del cabezal de riego. A: Cabezal de Riego y sus accesorios. B: Sistema utilizado para la inyección del fertilizante.....	24
3.8 Sistema de riego. A: Emisor con 4 salidas de 1 l/h. B: Tubería principal, laterales de riego y llaves al inicio de cada lateral. C: Programador de riego.....	25
3.9 Sistema de siembra. A: Colocación de las plántulas en cada bolsa. B: culminación del trasplante.....	26
3.10 A: Tina de evaporación tipo “A”. B: tornillo micrométrico (limnómetro). C: Evaporímetro.....	28
3.11 Micro estación climática, marca HOBO.....	29
3.12 Método para captar el agua drenada de la planta.....	29
3.13 Bomba de presión o Bomba de Scholander.....	36
3.14 Sistema portátil de Intercambio de Gases ADC.....	37
3.15 Enfermedades y plagas encontradas. A: Botrytis en una de las guías de la planta. B: Larvas en fruto. C: Ácaros en fruto.....	38
3.16 Poda de formación.....	39
3.17 Aclareo en tronco y guías. A: Antes de eliminar hojas. B: Después de haber realizado la eliminación de hojas.....	40
3.18 Poda. A: Sin poda. B: Con poda.....	40
3.19 Tutorado.....	41

3.20	Diámetro polar y ecuatorial.....	42
3.21	Número y peso de frutos. A: Conteo de frutos. B: Peso por cada tratamiento y réplica. C: Frutos ya pesados a la izquierda se tiene el híbrido Red Jewel F1 y a la derecha el híbrido P1216.....	43
3.22	Altura de la planta (78 DDT).....	43
4.1	Evaporación de la Tina tipo A y del Evaporímetro medidos dentro del invernadero, expresado en mm/día.....	48
4.2	Correlación entre la evaporación obtenida mediante la Tina tipo A y la obtenida mediante el Evaporímetro, medidas en invernadero.....	49
4.3	Correlación entre la evaporación obtenida mediante la Tina tipo A, medida dentro del invernadero y al aire libre.....	49
4.4	Evapotranspiración del cultivo de referencia para cada uno de los métodos estudiados.....	50
4.5	Relación entre la evaporación obtenida mediante la Tina tipo A y la evapotranspiración de referencia obtenida mediante el balance de agua, medidas en invernadero.....	51
4.6	Comparación entre los valores de Eto medidos mediante el Balance de agua y los estimados mediante el método de la Tina tipo A.....	52
4.7	Comparación entre los valores de Eto medidos mediante el Balance de agua y los estimados mediante el método de Radiación.....	52
4.8	Coeficiente del cultivo de pimentón, medido y simulado.....	55
4.9	Coeficiente dual del cultivo de pimentón teórico y medido.....	55
4.10	Evapotranspiración del cultivo de pimentón para cada uno de los métodos estudiados.....	56
4.11	Evapotranspiración promedio mensual del cultivo de pimentón para cada uno de los métodos estudiados.....	57
4.12	Tiempos de riego en minutos.....	60
4.13	Volumen total aplicado por unidad de área	61
4.14	Resultados del análisis foliar.....	63

4.15	Conductividad eléctrica del lixiviado, en (dS/m).....	64
4.16	pH del lixiviado, para cada uno de los métodos considerados.....	65
4.17	Potenciales hídricos en la planta (Ψ_L), medidos a primeras horas de la mañana...	67
4.18	Potenciales hídricos medidos en la planta (Ψ_L), medidos en horas del medio día.	67
4.19	Intercambio de gases. Densidad de flujo de fotones DFF, tasa de asimilación de CO_2 (A), tasas de transpiración (E), conductancia estomática (g_s), y eficiencia del uso del agua (EUA) de los híbridos Red Jewel F1 y P1216.....	70
4.20	Relación de la lámina promedio aplicada con la asimilación de CO_2 , para el híbrido Red Jewel F1.....	71
4.21	Relación de la lámina promedio aplicada con la asimilación de CO_2 , para el híbrido P1216.....	71
4.22	Comportamiento de la producción promedio por híbridos y tratamientos, expresado en kg/m^2 de invernadero.....	73
4.23	Comportamiento de la producción para cada híbrido y tratamiento, expresada en kg/m^2 de invernadero.....	73
4.24	Producción acumulada, expresada en kg.....	74
4.25	Lámina de riego aplicada vs rendimiento obtenido para el híbrido Red Jewel F1.	76
4.26	Lámina de riego aplicada vs rendimiento obtenido para el híbrido P1216.....	77
4.27	Diámetro polar promedio en frutos para cada híbrido y tratamiento.....	78
4.28	Diámetro ecuatorial promedio en frutos para cada híbrido y tratamiento.....	78
4.29	Porcentaje total de frutos, para el híbrido Red Jewel F1.....	79
4.30	Porcentaje total de frutos, para el híbrido P1216.....	80
4.31	Peso promedio de frutos para el híbrido Red Jewel F1.....	80
4.32	Peso promedio de frutos para el híbrido P1216.....	81
4.33	Altura de la planta para los dos híbridos P1216 y Red Jewel F1, expresado en cm.....	83
4.34	Tendencia del efecto tiempo sobre el rendimiento del cultivo.....	85
4.35	Relación de producción vs lámina de riego aplicada para el híbrido Red Jewel F1.....	86

4.36	Relación de producción vs lámina de riego aplicada para el híbrido P1216.....	87
4.37	Tendencia de los efectos tratamiento con híbrido sobre el diámetro polar.....	88
4.38	Tendencia de los efectos tratamiento-híbrido sobre el diámetro ecuatorial.....	89
4.39	Tendencia del efecto híbrido sobre el diámetro polar.....	89
4.40	Tendencia de los efectos tratamientos sobre el diámetro polar.....	90
4.41	Tendencia de los efectos combinados sobre el número de frutos.....	95
4.42	Tendencia de los efectos combinados sobre el peso promedio de frutos.....	96
4.43	Tendencia del efecto híbrido sobre el peso promedio de frutos.....	96
4.44	Tendencia del efecto tratamiento por híbrido sobre el peso del fruto por planta...	99
4.45	Tendencia del efecto híbrido sobre el peso de fruto por planta.....	99
4.46	Tendencia de los efectos combinados sobre la altura de la planta.....	103
4.47	Tendencia del efecto híbrido por tratamiento sobre el diámetro del tallo.....	103
4.48	Tendencia del efecto híbrido sobre el diámetro del tallo.....	104
4.49	Tendencia del efecto tratamiento por híbrido sobre la altura de la planta.....	105
4.50	Tendencia del efecto tratamiento por híbrido sobre el diámetro del tallo.....	106
4.51	Tendencia de los efectos sobre el potencial hídrico medidos a primeras horas de la mañana.....	109
4.52	Tendencia de los efectos tiempo, tratamiento, híbrido sobre los potenciales hídricos medidos a horas de medio día.....	110
4.53	Tendencia del efecto híbrido sobre los potenciales hídricos medidos en horas del medio día.....	110
4.54	Tendencia de los efectos tiempo, tratamiento, híbrido sobre las tasas de asimilación de CO ₂	112
4.55	Tendencia de los efectos tratamiento sobre la tasa de asimilación de CO ₂	113
4.56	Tendencia del efecto tiempo sobre la conductancia estomática (gs).....	113
4.57	Tendencia de los efectos sobre la transpiración (E).....	114

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos	Descripción
m	Metro
Etc	Evapotranspiración del cultivo
CO ₂	Dióxido de carbono
DPV	Déficit de presión de vapor
Eto	Evapotranspiración del cultivo de referencia
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
%	Porcentaje
cm	Centímetro
mm	Milímetro
mm/d	Milímetro por día
Rs	Radiación solar
W	Índice de ponderación que depende de la temperatura y la altitud
a	Coeficiente de regresión que depende de la radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento.
b	Coeficiente de regresión que depende de la radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento.
IIAP	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
N	Norte
O	Oeste
msnm	Metros sobre el nivel del mar
g	Gramos
ANOVA	Análisis de varianza
LSD	Prueba mínima de diferencia significativa
GL	Grados de libertad
m ²	Metro cuadrado

CE	Conductividad eléctrica
PEAD	Polietileno de alta densidad
PEBD	Polietileno de baja densidad
l	Litros
h	Hora
min	Minutos
DDT	Días desde el trasplante
Kp	Coeficiente que depende de las características del tanque, situación y las condiciones ambientales.
Ev	Evaporación medida en el tanque evaporímetro
Rs _{inv}	Radiación solar medida dentro del invernadero
Kc	Coeficiente del cultivo
Kc _{mín}	Coeficiente del cultivo mínimo
Kc _{máx}	Coeficiente del cultivo máximo
TTA	Tiempo térmico acumulado
T _b	Temperatura base
T _{op}	Temperatura óptima
T _{us}	Temperatura umbral superior
TT	Tiempo térmico diario
R	Riego aplicado con una frecuencia diaria
L	Lixiviado que se medirá diariamente.
tr	Tiempo de riego
V	Volumen de agua consumida
qa	Caudal del emisor
mg	Miligramos
ppm	Parte por millón
dS.m ⁻¹	Decisiemens por metro
°C	Grados Celsius
l.m ⁻²	Litros por metro cuadrado

kg	Kilogramo
N	Nitrógeno
P	Fósforo
K	Potasio
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
S	Azufre
Fe	Hierro
Cu	Cobre
Zn	Zinc
Mn	Manganeso
MPa	Megapascal
Ψ_L	Potencial hídrico foliar
$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Milimol por metro cuadrado por segundo
$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Micromol por metro cuadrado por segundo
mmol mol^{-1}	Milimol por mol
DFF	Densidad de flujo de fotones
A	Tasa de asimilación de CO_2
E	Transpiración
gs	Conductancia estomática
EUA	Eficiencia de uso del agua
kg.m^{-2}	Kilogramo por metro cuadrado
kg.m^{-3}	Kilogramo por metro cúbico

www.bdigital.ula.ve

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo fundamental programar y manejar el riego localizado, en el cultivo de pimentón (*Capsicum annuum* L.), mediante tres métodos de estimación de la evapotranspiración en condiciones de invernadero. Los métodos evaluados fueron: Tina de evaporación tipo A; Balance de agua y Radiación (fórmula para invernadero). El material utilizado fueron los híbridos: Red Jewel F1 y P1216 por ser resistentes y/o tolerantes a enfermedades. El ensayo en invernadero fue conducido bajo un diseño experimental en parcelas divididas en bloques con arreglo completamente aleatorizado con submuestreo y tres réplicas. La parcela principal fue destinada a los dos híbridos y la parcela secundaria a los tres métodos de estimación de la evapotranspiración del cultivo (Etc). Se realizó análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las respuestas medidas. Se estudiaron diferentes variables morfológicas y fisiológicas del cultivo, dentro de ellas: altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro polar y ecuatorial, peso de frutos, rendimientos, intercambio de gases y potenciales hídricos. La fertilización se realizó en forma proporcional, ajustada de acuerdo a los resultados del análisis del sustrato, adicional a esto se realizó un análisis foliar, con la finalidad de ver el estado nutricional del cultivo. Los resultados del trabajo indican que el método de Radiación fue mayor a los métodos de Tina y Balance en más del 50 % de la evapotranspiración obtenida y la cantidad de agua aplicada, mientras que los métodos de Tina y Balance no difieren en gran porcentaje. Se obtuvo la curva característica del Kc medido del pimentón bajo invernadero, la cual se ajustó muy bien a la curva del Kc-simulado. El mayor rendimiento lo obtuvo el método de Radiación; sin embargo, no fue significativo, con respecto a los rendimientos obtenidos por los métodos de Tina y Balance, esto quiere decir que a pesar del incremento de la lámina de riego los rendimientos obtenidos son similares. Los métodos de la Tina y Balance fueron los que obtuvieron mejor relación en el uso eficiente del agua (EUA).

Palabras claves: Programación, manejo, riego, evapotranspiración, pimentón, invernadero, eficiencia del uso del agua.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la agricultura moderna ha logrado incrementar la productividad agrícola, lo cual ha permitido una producción de alimentos en sitios donde existe una mala calidad de suelos, pocos recursos hídricos o donde las condiciones de clima no son las más adecuadas. El desarrollo y uso de invernaderos es una de las técnicas que se utiliza en la producción agrícola de muchos países ya que estos se adaptan a zonas y a condiciones meteorológicas inadecuadas, donde se logra modificar y controlar las condiciones ambientales dentro del mismo, para un mejor desarrollo del cultivo. Además, el uso de invernaderos es una de las soluciones a la problemática de la escasez de agua a nivel mundial debido a la utilización de sistemas de riego adecuados, los cuales hacen un uso más eficiente de este recurso.

En los invernaderos las condiciones climáticas tienen características específicas de radiación solar, temperatura, higrometría y ausencia de viento, que deben ser controladas con una correcta ventilación. Por ello las necesidades hídricas de los cultivos pueden variar con respecto a las existentes al aire libre o en otros invernaderos con diferentes características. (Castañón, 2000). Para estimar las cantidades necesarias de agua en un determinado cultivo es importante conocer diferentes parámetros, como características del cultivo, condiciones climáticas dentro y fuera del invernadero entre otros, los cuales afectan estas necesidades. Las necesidades hídricas de un cultivo están determinadas por la evapotranspiración que es la suma del agua que se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y la que se pierde mediante la transpiración de la planta.

La evaporación difiere según el sistema de riego que se utilice, dependiendo de la porción de suelo que se humedece. Sin embargo, en el caso de los invernaderos este factor tiene menor importancia pues, generalmente el cultivo ocupa o sombrea gran parte del suelo, siendo la transpiración el factor determinante de dichas necesidades. (Castañón, 2000).

Existen diferentes metodologías de riego las cuales permiten decidir cuándo y qué cantidad de agua aplicar para suplir las necesidades hídricas del cultivo. En Almería, Cajamar adaptaron el modelo de Radiación FAO-56, para estimar los requerimientos hídricos del cultivo en condiciones de invernadero (Fernández *et al.*, 2001).

El cultivo de pimentón es muy sensible a los excesos de agua lo cual origina caída de flores y frutos recién cuajados, mientras que la deficiencia de agua provoca abarquillamiento en hojas y los frutos tienden a ser picantes. Es por ello la importancia de saber la cantidad de agua exacta que requiere el cultivo durante su ciclo vegetativo.

También es importante tener en cuenta las frecuencias de riego, ya que las aplicaciones distanciadas pueden causar problemas a la planta de pimentón como marchitamiento, mayor acumulación de sales en el suelo y disminución de rendimientos, contrario a los riegos de alta frecuencia con poco volumen de agua, lo cual favorece un buen crecimiento y desarrollo del sistema de raíces del cultivo, aumentando su capacidad de asimilar los nutrientes. El riego localizado tiene la ventaja de aplicar agua en pequeñas cantidades pero con mayor frecuencia. Otro punto importante que se debe tener en cuenta es el momento adecuado de aplicar los riegos, si se hace en horas donde las condiciones de temperatura son muy elevadas se origina un cambio brusco entre la temperatura del agua aplicada y el suelo, ocasionando un desequilibrio en el estado hídrico de la planta debido a que este cambio de enfriamiento del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces.

En Venezuela el pimentón ha sido tradicionalmente cultivado a campo abierto, pero a mediados de la década de los años 80 comenzó a producirse en invernaderos donde, a pesar de que se han cultivado híbridos de diferentes colores, predominantemente los frutos que se ofrecen al público son los de color rojo (Jaimez, R. *et al.*, 2010).

Debido a que en Venezuela la producción agrícola bajo invernadero inicia a mediados de los años 80, aun no se tiene claro cómo influyen los parámetros microclimáticos dentro éste, en

las diferentes regiones del país, sobre las necesidades hídricas de los cultivos, no existiendo ningún estudio sobre las necesidades hídricas del cultivo bajo invernadero.

Es importante tener en claro que a medida que la población vaya aumentando el recurso agua se hace aun más escasa para la agricultura, es por ello la gran importancia de conocer alternativas de riego que permitan hacer un uso más eficiente de este recurso, logrando suplir las necesidades hídricas del cultivo.

Con lo anteriormente descrito se planteó un trabajo sobre programación y manejo del riego localizado, en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*), mediante tres métodos de estimación de la evapotranspiración en condiciones protegidas, con la finalidad de contribuir al desarrollo tecnológico de cultivos bajo cobertura, estableciendo alternativas para una mayor y mejor organización en el sistema de producción de pimentón bajo invernadero.

1.1. Objetivo general

Programar y manejar el riego localizado en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*), mediante tres métodos de estimación de la evapotranspiración en condiciones de invernadero.

1.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar diariamente la evapotranspiración, láminas y tiempos de riego, mediante la tina de evaporación tipo “A”, balance de agua y radiación.
- ✓ Estimar los valores de Kc para el cultivo de pimentón en condiciones de invernadero.
- ✓ Ajustar el riego a las demandas diarias del cultivo para un manejo eficiente del agua.

- ✓ Analizar a nivel fisiológico y agronómico la respuesta del cultivo a los distintos tratamientos de riego.
- ✓ Determinar los indicadores de manejo del riego en invernadero.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Invernaderos

“Un invernadero es una construcción agrícola con una estructura muy simple, capaz de soportar una cubierta transparente a la luz solar, con altura y ancho suficiente para poder realizar las labores de cultivo y que debe disponer de unos sistemas mínimos de ventilación. Desde el punto de vista de la energía solar podemos considerar el invernadero como el sistema más simple y económico de captar dicha energía para su aprovechamiento por los cultivos”. (Castañón, 2000).

Shany (2003) define el concepto de proteger un cultivo mediante una cobertura, como “cerrar un volumen de espacio, para aislar el cultivo que se desarrolla en dicho espacio de las condiciones naturales adversas (lluvias, vientos, temperaturas extremas, intensa radiación solar y plagas) y suministrarle las condiciones agrotécnicas ideales”.

2.2. Cultivos en invernadero

“El cultivo en invernadero permite prolongar el período de producción de las hortalizas, frutales y plantas ornamentales protegiéndolas de condiciones ambientales adversas como bajas temperaturas y precipitaciones descontroladas, contribuyendo a un exitoso manejo de los cultivos, mejorando su productividad y la calidad de los productos.

Los cultivos se realizan directamente en el suelo o utilizando sustratos inertes u orgánicos. Los costos de inversión y operación en pequeñas superficies han permitido solucionar necesidades de producir alimentos por parte de pequeños y medianos agricultores, contribuyendo a mejorar su calidad de vida”. (FAO, 2002).

2.3. Variedades cultivadas en invernadero

“Para el cultivo en invernaderos se escogen por lo general variedades indeterminadas, es decir, variedades que genéticamente tienen la característica de crecer con un solo tallo principal y tipo de crecimiento ilimitado. El mejoramiento genético actualmente ha desarrollado cultivares indeterminados para la mayoría de los cultivos vegetales, entre ellos el pimentón, el tomate, la berenjena y todas las cucurbitáceas. La mayoría de los cultivares que son adecuados para su cultivo en invernadero son híbridos. Los híbridos, además de obtener las resistencias y las cualidades necesarias, tienen el valor agregado conocido como “Heterosis”, que significa un mayor vigor y mayor rendimiento del cultivo”. (Shany, 2003).

2.4. Características del cultivo de pimentón

Reche (2010) identifica a la planta de la siguiente manera: Reino de la plantas, Suptipa mayoría de las plantas cultivadas, Clase Dicotiledóneas, Subclase metaclamídeas, Orden Tubifloras (gamopétalas), Familia de las Solanáceas, Género *Capsicum*, especie *annuum*.

El pimentón es una planta perenne cultivada como anual, pertenece a la familia botánica: Solanaceae. Dentro del género *Capsicum* se distinguen cinco especies: *Capsicum annuum*, *Capsicum Frutescens*, *Capsicum pendulum*, *Capsicum chinense*, y *Capsicum baccatum*. Todas las variedades comerciales de pimentón se ubican dentro del *Capsicum annuum*. (Díaz, 2005).

“El pimentón (*Capsicum annuum* L.) es un pequeño arbusto anual de 0,75 a 1,0 m de alto, perteneciente a la familia de las solanáceas, que tiene un tallo frágil, erecto y verde, con ramas que se subdividen en dos partes, tiene las hojas grandes y de color verde intenso brillante, de forma oblonga (más largas que anchas), lanceolada o globosa. Sus flores son escasas de color blanco o blanco amarillentas. Su propagación se realiza por semillas.

Existen dos grandes tipos de pimiento que son los dulces y los picantes. Estos varían en forma, tamaño, color y sabor. De manera general se puede decir que el fruto del pimentón es una baya, de color verde y a medida que va madurando se vuelve amarillo, anaranjado o rojo, dulce o picante, brillante, carnosos y huecos en su interior, de formas variadas, generalmente cónicos y alargados. La pared del fruto puede ser gruesa, mediana o delgada. Se caracteriza por su pungencia o astringencia, debido a un alcaloide denominado capsaicina o capsicina. En algunos tipos es abundante y en otros es escasa. Posee un elevado valor nutritivo, principalmente vitaminas A, C y E, y una elevada cantidad de antioxidantes (componentes que previenen desórdenes cardiovasculares, cánceres y cataratas).

Es originario de América Tropical (probablemente la parte norte de Latinoamérica). En México se domesticó su cultivo y es donde se encuentra su centro de diversidad. Se cultiva en muchos de los climas tropicales y templados de todo el mundo, especialmente desde el norte de Colombia hasta el sur de Estados Unidos. También se cultiva en Argentina. Es un cultivo importante en México y República Dominicana”. (FAO, 2006).

“La mayoría de las plantas de pimentón, cultivadas en invernadero para consumo en fresco, son variedades híbridas procedentes de mejoramientos, más caras pero más productivas, de gran vigor, uniformidad de planta y frutos, alta producción y calidad y a las que algunas de ellas se les ha incorporado resistencia a determinadas plagas y enfermedades y, lo que es muy importante, calidad nutricional”. (Reche, 2010).

Según este mismo autor menciona que en la actualidad el productor y consumidor tienen exigencias diferentes con respecto a las variedades de pimentón:

El productor exige:

- ✓ Resistencia o tolerancia a plagas, enfermedades por hongos y contra virus; así como adaptación a condiciones adversas de suelo, agua y clima.
- ✓ Plantas vigorosas y precoces con altos rendimientos, en cualquier época del año.

- ✓ Frutos homogéneos, de buen color según variedad, época de recolección y demanda de los mercados.
- ✓ Resistencia a la conservación y al transporte.
- ✓ Firmeza de la carne, sin ablandamientos ni grietas.
- ✓ Semillas económicas y libres de enfermedades y virus.
- ✓ Frutos que no estén en contacto con el suelo, por lo que la “cruz” o el inicio de las ramificaciones deben de estar lo suficientemente altas, pero sin exceso, pues redundaría en entutorados más complejos y con mayores exigencias de mano de obra.
- ✓ Plantas con entrenudos cortos que produzcan tallos rígidos y fuertes que no se tronchen con facilidad. (Reche, 2010).

Mientras que el consumidor desea:

- ✓ Frutos con buen color y forma, buen valor nutricional
- ✓ Que posean buena conservación y textura.
- ✓ Que sus precios sean asequible.
- ✓ Libres de residuos fitosanitarios. (Reche, 2010).

2.5. Necesidades de agua de los cultivos bajo invernadero

El cultivo utiliza la radiación solar, el CO₂ de la atmósfera, agua y nutrientes para producir biomasa (frutos, hojas, tallos y raíces) mediante el proceso de fotosíntesis. Al abrirse los estomas de las hojas, para permitir la entrada de CO₂, se produce simultáneamente la emisión de agua en forma de vapor desde la planta a la atmósfera mediante el proceso de la transpiración. Esta pérdida de agua, que debe ser repuesta por la planta extrayendo el agua del suelo por medio de las raíces. Esta cantidad de agua, unida a la que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo, constituye lo que se conoce como evapotranspiración del cultivo (Etc), la cual debe ser satisfecha mediante el riego. (Fernández *et al.*, 2001).

Con el riego se debe aplicar la cantidad de agua exacta para cubrir las necesidades hídricas del cultivo. Un exceso de riego origina el lavado de fertilizantes, ocasionando problemas de contaminación de las aguas subterráneas, y en suelos pesados encharcamientos y asfixia radicular. Ciertos cultivos, como el pimiento, son muy sensibles al exceso de agua y en algunos casos puede llegar a producir la muerte de la planta. Una aportación de agua inferior a la Etc puede llegar a provocar déficit hídrico y por tanto una reducción de la producción (Hsiao, 1973; Fernández, 2000 y Fernández *et al.*, 2001).

“El riego en invernadero tiene que ser preciso y localizado. Por la alta inversión en la construcción, el alto valor del cultivo y los requisitos de calidad de los frutos, deben descartarse los sistemas de riego foliares y por surcos ya que provocan muchas enfermedades del follaje y carecen de precisión. El riego localizado se refiere al riego por goteo, mediante el cual cada planta recibe en forma precisa la cantidad de agua y fertilizante que necesita”. (Shany, 2003).

El riego localizado es el más utilizado en invernaderos, por las evidentes ventajas que presenta. El goteo está perfectamente adaptado en líneas, típicos de la horticultura, tendiendo los ramales a lo largo de las hileras de las plantas, lo que facilita otras labores de cultivo ya que se pueden utilizar con comodidad las interlíneas, que a diferencia de otros tipos de riego, no se humedecen. Por esta razón se logra un menor consumo de agua, debido a la menor evaporación que se produce desde el suelo, el cual depende del porcentaje de humedecimiento. (Castañón, 2000).

2.6. Factores climáticos que influyen en el consumo de agua bajo invernadero

La evapotranspiración ó Etc es un fenómeno que tiene como fundamento el paso de agua del estado líquido a gaseoso, por lo que se requiere una fuente de energía que es proporcionada por la radiación. Además, es necesario que haya una diferencia de presión de vapor (déficit de presión de vapor DPV) entre la superficie evaporante y el aire que la rodea. El viento actúa mezclando las capas con diferentes contenidos de humedad, evitando de esta forma que las capas

próximas a la superficie evaporante se saturan, y por tanto se detenga el proceso de la Etc. En condiciones de invernadero, el viento no tiene un efecto directo sobre el consumo de agua, pero sí en la ventilación interna. Sin embargo, se tiene como referencia que, en la mayoría de los invernaderos de Almería, España, la superficie de ventana es baja, así como las tasas de ventilación, (Baeza, 2000; Fernández *et al.*, 2000; Fernández *et al.*, 2001).

“La temperatura no afecta directamente a la Etc, pero sí es un indicador de la cantidad de radiación, de tal modo que en los meses en los cuales la radiación es mayor la temperatura también es más alta”. (Fernández *et al.*, 2001).

La temperatura y humedad influyen en el DPV. Las humedades altas, próximas a saturación, pueden disminuir la Etc e inhibir la absorción de nutrientes, particularmente el calcio, así como acarrear problemas de enfermedades (Garzoli, 1989; Fernández *et al.*, 2001).

“La radiación solar incidente sobre un cultivo en invernadero difiere de la recibida por un cultivo al aire libre. Depende principalmente de la forma de la cubierta, de su orientación del material de cerramiento y del estado y limpieza del mismo, pues toda la radiación no penetra en el invernadero, haciéndolo, además de forma difusa.

Dentro de los factores que modifican el clima de un invernadero hay que agregar la ausencia del viento o su pequeña velocidad, así como las posibilidades de ventilación, que siempre es necesaria, ya que actúa como regulador de la temperatura interna”. (Castañón, 2000). Debido a que el viento dentro del invernadero es casi despreciable, este no influye sobre la demanda de agua de los cultivos.

2.7. Métodos de programación de riego

La programación del riego es un conjunto de procedimientos técnicos desarrollados para predecir cuánto y cuándo regar. Los métodos de programación del riego se basan en:

✓ Medida del contenido de agua en el suelo; se utilizan diferentes sensores los cuales permiten conocer cómo el cultivo va extrayendo el agua del suelo, de forma que el riego puede programarse para mantener un contenido de agua en el suelo entre dos niveles de humedad. El límite superior es fijado para evitar o limitar la cantidad de agua de drenaje, y por tanto lavado de fertilizantes y el límite inferior representará el punto a partir del cual el cultivo sufre estrés hídrico.

✓ Medida del estado hídrico de la planta, estos métodos incluyen técnicas que miden directamente las pérdidas de agua de una parte de la planta, de toda la planta o de un grupo de plantas, o miden características relevantes de las plantas que facilitan la estimación de la transpiración. Los avances en electrónica han hecho que el uso de sensores que monitorean continuamente el estado hídrico de la planta facilitando así la toma de decisiones en la programación del riego.

✓ Mediante parámetros climáticos, que a partir de expresiones matemáticas permiten estimar el volumen de agua consumido por el cultivo. La información que proporcionan los sensores climáticos no puede utilizarse directamente en la gestión del riego y exige que previamente se establezcan relaciones entre el consumo de agua del cultivo, los parámetros climáticos y el estado de desarrollo del cultivo. (Fernández *et al.*, 2001).

2.8. Determinación de la evapotranspiración de referencia (Eto)

Castañón (2000) indica que éste es el primer paso para determinar la evapotranspiración del cultivo (Etc). La evapotranspiración de referencia se puede medir o estimar por diferentes métodos, siendo los más usados los micro meteorológicos, los cuales utilizan el transporte de vapor de agua o balance de energía y los métodos hidrológicos que utilizan el balance hídrico y necesitan el uso de lisímetros, dispositivos que permiten conocer el agua no utilizada por las plantas, por medio de pesada o drenaje.

Los métodos de estimación de la Eto proponen ecuaciones utilizando datos meteorológicos disponibles. Ninguno de los métodos empleados es exacto, por lo que es necesaria una calibración local para obtener datos fiables. Para el cálculo se utilizan valores de temperaturas, radiación solar, humedad relativa del aire y velocidad del viento. (Castañón, 2000).

En los últimos años se han desarrollado numerosas expresiones matemáticas o modelos para estimar la Eto a partir de datos climáticos. Suele diferenciarse, en función de los datos climáticos necesarios, entre modelos de temperatura (Hargraves), radiación (Radiación-FAO), combinada (Penman-FAO) y evaporación de tina estándar (FAO-Tanque). Las expresiones combinadas son las más precisas pero requieren de datos como, temperatura, humedad relativa, radiación y velocidad del viento, los cuales no están disponibles en muchas zonas. (Fernández *et al.*, 2001).

Este mismo autor describe la importancia de evaluar, y si es necesario calibrar estos modelos para condiciones climáticas y agronómicas muy diferentes de aquellas condiciones para las que inicialmente fueron desarrolladas.

2.8.1. Modelo de la tina de evaporación tipo “A”

Allen *et al.* (2006) indica que la tasa evaporativa de los tanques de evaporación llenos de agua puede ser fácilmente obtenida. En ausencia de lluvia, la cantidad de agua evaporada durante un periodo (mm/día) corresponde a la disminución de la altura de agua en el tanque en ese periodo.

La tina de evaporación proporciona una medida del efecto integrado de la radiación, viento, temperatura y humedad sobre el proceso evaporativo de una superficie abierta de agua. Aunque la tina de evaporación responde de una manera similar a los mismos factores climáticos que afectan la transpiración del cultivo, varios factores producen diferencias significativas entre

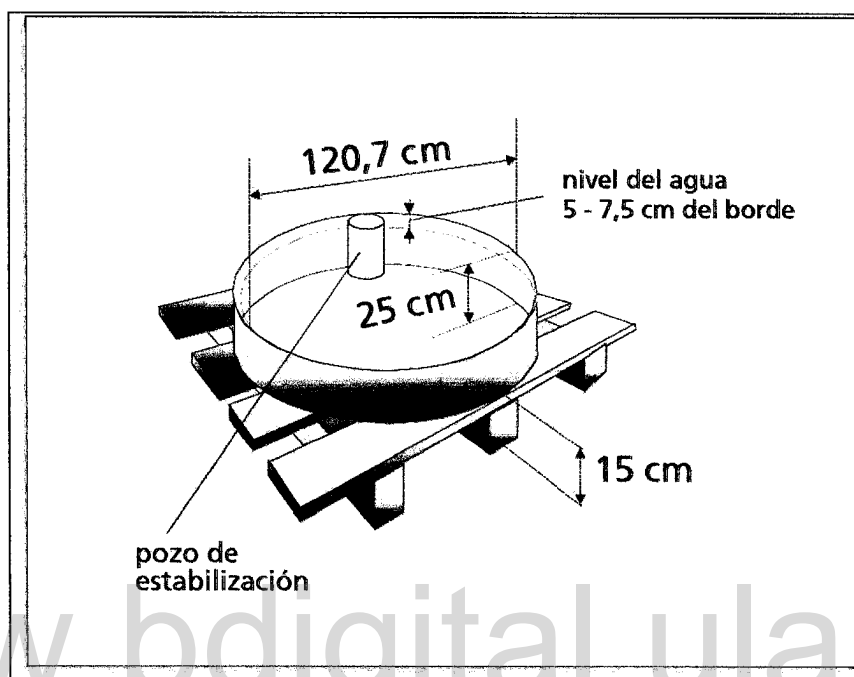
la pérdida de agua de una superficie libre evaporante y la de una superficie cultivada. La reflexión de la radiación solar del agua en el tanque puede ser diferente del 23% asumido para el cultivo de referencia. El almacenaje de calor dentro del tanque puede ser apreciable y puede causar una significativa evaporación durante la noche mientras que la mayoría de los cultivos transpiran solamente durante el día. También se distinguen diferencias en la turbulencia, temperatura y humedad del aire que se encuentran inmediatamente sobre estas dos superficies. La transferencia de calor a través de las paredes del tanque también afecta el balance energético.

A pesar de la diferencia en los procesos ligados a la evaporación de la tina y la evapotranspiración de superficies cultivadas, el uso de la evaporación de la tina para predecir E_{to} para periodos de 10 días puede ser considerado confiable si se usa correctamente. (Allen *et al.*, 2006).

2.8.1.1. Descripción del tina estándar Tipo A

La tina estándar Tipo A es un dispositivo circular, 120,7 cm de diámetro y 25 cm de profundidad. Esta construida de hierro galvanizado o de laminas de metal de 0,8 mm de espesor. Esta se sitúa sobre una plataforma de madera en forma de reja que se encuentra a 15 cm por encima del nivel del suelo, debiendo estar a nivel. Una vez instalada, se llena con agua hasta 5 cm por debajo del borde y el nivel del agua no debe disminuir hasta más de 7,5 cm por debajo del borde. El agua debe ser regularmente cambiada, al menos semanalmente, para eliminar la turbidez. Si la tina es galvanizada, debe ser pintada anualmente con pintura de aluminio. Las mallas que algunas veces se instalan sobre las tinas deben evitarse, pero deben ser protegidas con mallas de seguridad para evitar el acceso de los animales. El lugar de instalación debe estar cubierto preferentemente con pasto, en un área de 20 m por 20 m, abierto a todos lados para permitir la circulación del aire. Es preferible que la estación se encuentre situada en el centro o dentro de grandes campos cultivados. Las lecturas se realizan diariamente temprano en la mañana a la misma hora que se mide la precipitación. Las mediciones se realizan dentro de un área estable situada cerca del borde del tanque. El área estable produce comúnmente un cilindro de

metal de cerca de 10 cm de diámetro y 20 cm de profundidad con una pequeña abertura en la base para permitir el flujo de agua. (Allen *et al.*, 2006).



Fuente: FAO-56.

Figura 2.1. Tina de evaporación tipo "A".

2.8.2. Modelo de radiación

Allen *et al.* (2006) considera que el método de radiación proporciona buenos resultados en climas húmedos donde el término aerodinámico es relativamente pequeño, sin embargo en climas áridos se obtienen resultados erráticos que tienden a subestimar la evapotranspiración.

Doorembos y Pruitt (1975) citado por Trezza (2008) expresa el método de la radiación a través de la siguiente ecuación:

$$E_{to} = a + b * W * R_s \quad (2.1)$$

Donde E_{to} es la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/d), R_s es la radiación solar expresada en equivalente de evaporación (mm/d); W es un índice de ponderación que depende de la temperatura y de la altitud; a y b son coeficientes de regresión que depende de la radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento.

Estudios realizados en invernaderos de Almería-España indican que la transpiración de un cultivo bajo invernadero está asociada a la radiación solar, donde el modelo de FAO-Radiación mostró una alta precisión en las condiciones de cultivo. El modelo de radiación requiere datos de temperatura y radiación solar medidos dentro de invernadero.

Fernández *et al.* (2001) menciona que establecieron una relación lineal entre la E_{to} y la radiación solar con el día del año, eliminando así el efecto de la temperatura y simplificando de esta forma el modelo FAO-Radiación.

2.8.3. Balance de agua

Allen *et al.* (2006) "La evapotranspiración también puede determinarse midiendo varios componentes del balance de agua en el suelo. El método consiste en evaluar los flujos de agua que entran y salen de la zona radicular del cultivo dentro de un determinado periodo de tiempo".

2.9. Manejo y programación de riego

Según Castañón (2000) un buen manejo de riego debe asegurar que la cantidad de agua en el suelo no limite la transpiración de los cultivos, que suele ser diferente a la producida al aire libre. Por ello la frecuencia de riego es elevada, reponiendo rápidamente el agua consumida, con el fin de que esta sea fácilmente absorbida por la planta, tomando en cuenta el no confundir altas frecuencias con aportes hídricos excesivos, lo cual origina pérdida de agua y de cosecha.

Rázuri *et al.* (2006) mencionan que la consecuencia de una técnica de riego mal gestionada puede originar una mala cosecha o una mala calidad del producto. Es por esto que el manejo del riego, y con ello su monitorización, constituye la técnica más efectiva para obtener cosechas adecuadas en cantidad y calidad de productos.

Las técnicas de programación de riego permiten decidir cuándo regar y qué cantidad de agua aplicar para suplir las necesidades hídricas de los cultivos y su importancia se pone de manifiesto cuando el recurso agua es escaso y costoso. Con un riego deficitario podría obtenerse una disminución en la producción, esto unido a la falta de información sobre las necesidades de agua de los cultivos, puede conducir a aplicar riegos excedentarios, originando saturación en el suelo lo cual puede dañar el sistema radical, condición que reduce la producción y aumenta los costos de agua y fertilizantes. (Jensen y Robb, 1970, Fernández *et al.*, 2001).

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del área de estudio

La investigación se realizó en un invernadero de 162 m², en terrenos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP), de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de los Andes, ubicada en la localidad de Santa Rosa, municipio Libertador del estado Mérida, entre las coordenadas 8° 37' 37,34'' N y 71° 09' 18,53'' O, a una altura de 1936 msnm. En la Figura 3.1 se presenta la ubicación del área de experimento.



Fuente: Google earth

Figura 3.1. Ubicación del área de investigación.

3.2. Invernadero

Se utilizó un invernadero de tecnología Italiana (CO.SER), modelo ala de gaviota, con apertura cenital y control automatizado en función de la temperatura, con un largo de 18m, ancho de 9 m y un alto de ventana de 3 m. (Figura 3.2).

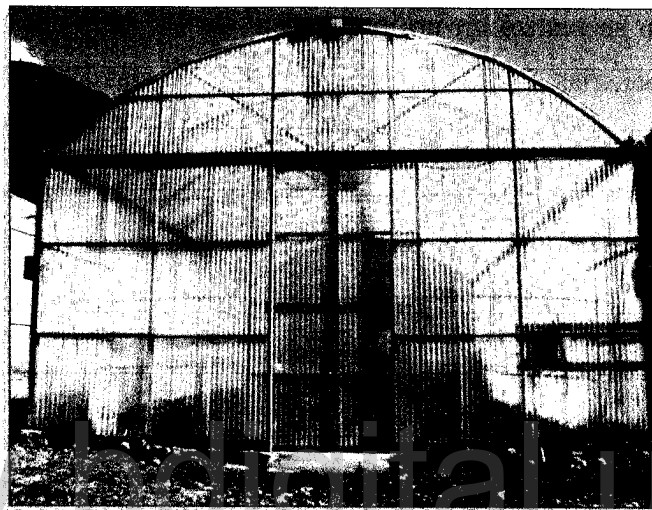


Figura 3.2. Invernadero.

3.3. Características agronómicas de los híbridos

Se trabajó con dos híbridos de pimentón: Red Jewel F1 y RPP1216. En el Apéndice A-1 se presentan las especificaciones comerciales de cada uno.

3.3.1. Híbrido Red Jewel F1

3.3.1.1. Descripción

Es una planta vigorosa y fuerte, con rendimientos altos, presenta resistencia y/o tolerancias a enfermedades, ideal para sembrar en campo abierto o en invernaderos. Sus frutos tienen forma de bloque alargado y su peso está entre 220-230 g, su sabor es dulce. Las

recomendaciones por ha es de: 20.000 plantas en invernadero y 33.000 plantas en campo abierto. (Figura 3.3).



Figura 3.3. Híbrido Red Jewel F1.

3.3.2. Híbrido RPP1216

3.3.2.1. Descripción

Es una planta de alta productividad, su crecimiento es indeterminado, tolerante a enfermedades, ideal para campo abierto e invernaderos. El tipo de fruto es rectangular alargado con maduración de verde a rojo, su peso promedio es de 260 gramos. Se recomienda una distancia de siembra de (1,2 x 0,40) m y (1,5 x 0,25) m al tresbolillo. (Figura 3.4).



Figura 3.4. Híbrido RPP1216.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño experimental de la investigación fue en parcelas divididas en bloques con arreglo completamente aleatorizado, con submuestreos y tres réplicas para los niveles ubicados en parcelas principales destinadas a los dos híbridos. La parcela secundaria destinada a los tres métodos de estimación de la evapotranspiración del cultivo (Etc), representadas por las líneas de riego, (Figura 3.5).

El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \lambda_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} + \eta_{ijkl}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots \text{híbrido} \\ j = 1, 2, 3, \dots, \text{métodos de demanda} \\ k = 1, 2, 3, \dots, \text{número de réplicas} \\ l = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, \text{número de submuestreo} \end{array} \right.$$

Y_{ijkl} Variable de respuesta medida en la $ijkl$ -ésima unidad experimental

μ Media general

α_i Efecto del i -ésimo nivel del factor A (los híbridos).

λ_{ik} Error aleatorio de la parcela principal definido como error a

β_j Efecto del j -ésimo nivel del factor B (tres métodos de estimación de Etc).

$(\alpha\beta)_{ij}$ Efecto de interacción entre ambos factores

ϵ_{ijk} Error aleatorio de la parcela secundaria, definido como error b

η_{ijkl} Error de submuestreos.

En el esquema básico del diseño en parcelas divididas se incorporó un tercer efecto de tiempo. El modelo apropiado para analizar esta estructura de datos es el modelo lineal mixto, donde los efectos aleatorios son: efecto réplica, híbrido dentro de réplica y tratamiento dentro de híbrido y cada réplica, de tal manera que cada efecto sea evaluado con diferentes errores experimentales. Todos los análisis de datos se realizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA), utilizando el software libre R. Cada análisis se realizó al 5% de nivel de significancia.

Las variables que presentaron diferencia estadísticamente significativas ($p < 0,05$), fueron sometidas a prueba de diferencia mínima significativa (LSD), por cada ddt (DDT), para esto se realizó un ANOVA en forma detallada a lo largo de los periodos de observación con la finalidad de determinar si hubo o no diferencia significativa entre los factores. El análisis de varianza se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Análisis de varianza para el diseño en parcelas divididas en bloques con arreglo completamente aleatorio con submuestreo con tres réplicas.

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)	GL
Parcela principal		
Réplica	$r-1$	2
Híbridos A	$A-1$	1
Error experimental (a)	$(A-1)(r-1)$	2
Parcela secundaria		
Métodos B	$B-1$	2
AxB	$(A-1)(B-1)$	2
Error experimental (b)	$A(r-1)(B-1)$	8
Error de submuestreo (c)	$ABr(n-1)$	72
Total	$nrAB-1$	89

donde:

A = Híbridos

B = Métodos o tratamientos

r = Número de réplicas

n = Número de mediciones por unidad experimental

Las dimensiones de la parcela principal fueron de 16,5 m de largo por 1,40 m de ancho, para un área total por parcela de 23,1 m²; las parcelas secundarias (hileras de riego por método de evapotranspiración) fueron separadas a 0,7 m entre sí, (Figura 3.5). Las submuestras, fueron seleccionadas al azar, en un total de 5 plantas por cada parcela secundaria.

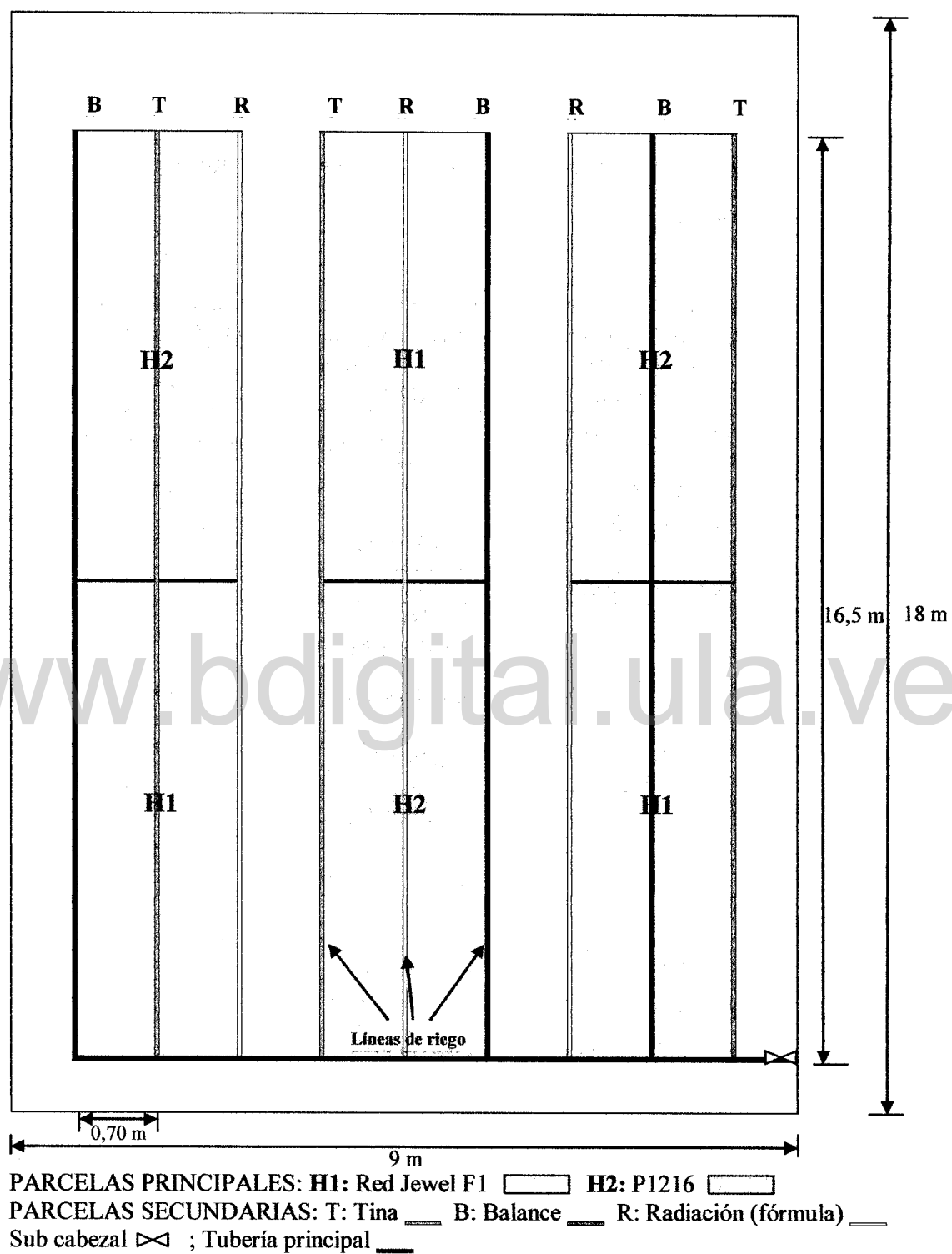


Figura 3.5. Esquema de distribución experimental en invernadero de las parcelas principales y secundarias.

3.5. Agua de riego

El agua utilizada para el ensayo proviene de una naciente donde el Instituto de Investigaciones Agropecuarias la almacena en un tanque de 2.000 litros (Figura 3.6).

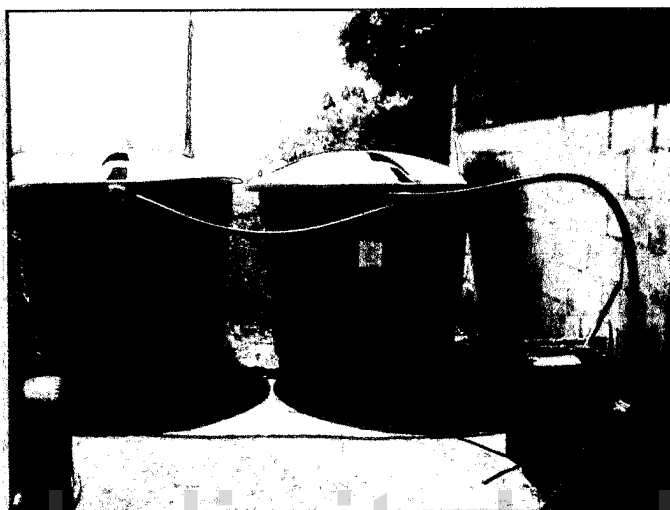


Figura 3.6. Tanques de almacenamiento.

3.6. Semillero

El semillero se realizó bajo cobertura el día 14 de octubre del 2011, utilizando un sustrato inerte totalmente desinfectado “Sogemix”, en bandejas de 128 alvéolos. Una vez listas las bandejas, se recopilaron y se taparon con un plástico con la finalidad de garantizar humedad por un lapso de 5 días, posteriormente se trasladaron al invernadero perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de los Andes (IIAP), sede Santa Rosa, Mérida.

3.7. Sustrato

Se utilizó un sustrato, compuesto en: 50 % de arena y 50 % de compost de caballeriza (concha de arroz más estiércol de caballo, previamente fermentado); totalmente desinfectado.

Igualmente se obtuvo una muestra del sustrato la cual fue llevada al laboratorio del Instituto Nacional de Investigación Agrícola, sede Mérida, (INIA-Mérida), con la finalidad de conocer los parámetros químicos y fitopatológicos del mismo.

Se evaluó la calidad de agua para riego mediante la determinación de algunos parámetros físico-químicos tales como: pH, conductividad eléctrica, dureza.

3.8. Sistema de riego empleado

El sistema de riego está compuesto por un cabezal principal con una bomba centrífuga, marca SIEMENS de 1,5 HP, inyector venturi, ventosa cinética, manómetros y un filtro de anillas marca azud, modelo hélix de 160 micrones, además un colector de sedimentos. (Figura 3.7).



Figura 3.7. Equipo del cabezal de riego. A: Cabezal de Riego y sus accesorios.
B: Sistema utilizado para la inyección del fertilizante.

La tubería principal utilizada fue de PEAD de 40 mm de diámetro, las tuberías laterales fueron de PEBD de 4 bar y 16 mm de diámetro en la cual se insertaron goteros autocompensados y antidrenante de 4 l/h, con 4 salidas. Al inicio de cada lateral fueron colocadas llaves plásticas de 16 mm con la finalidad de aislar cada tratamiento y controlar el tiempo de riego; al final del lateral de riego se colocó un tapón de 16 mm. El control del riego fue realizado mediante un programador marca NELSON (Figura 3.8.).

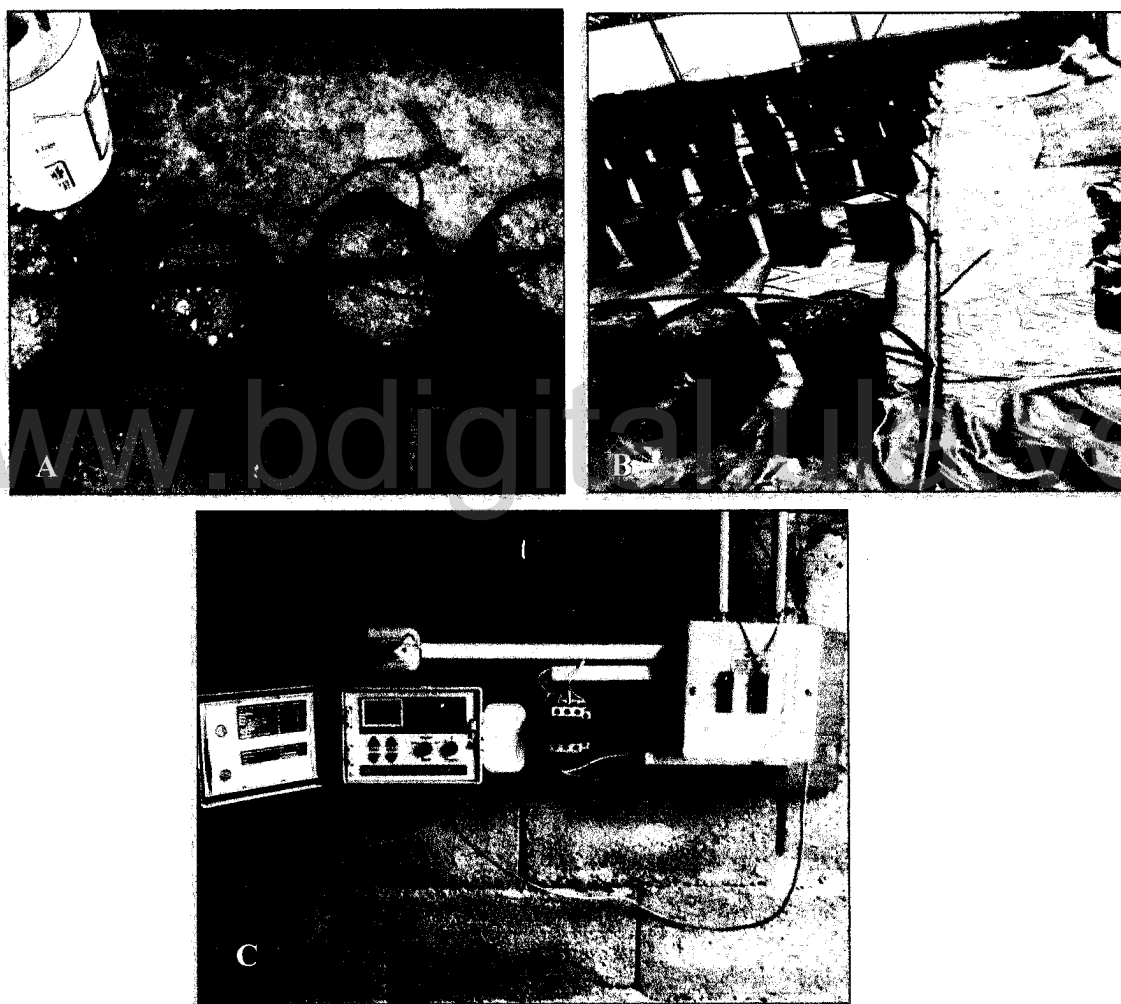


Figura 3.8. Sistema de riego. A: Emisor con 4 salidas de 1 l/h. B: Tubería principal, laterales de riego y llaves al inicio de cada lateral. C: Programador de riego.

3.9. Trasplante

Para el trasplante se utilizaron bolsas de 13 kilos con el sustrato ya preparado. En la parte inferior de cada bolsa se colocó 1 kilogramo de piedra número 2, esto con la finalidad de mejorar el drenaje. La separación fue de 0,3 m entre bolsas y 0,7 m entre hileras. Con la finalidad de evitar el desarrollo de patógenos en el sustrato y así garantizar un mejor desarrollo en las plantas, días antes de realizar el trasplante, se aplicó el fungicida Vitavax, por medio del riego, a una concentración de 1cc/litro de agua. Así mismo, el invernadero se fumigó con cloro orgánico para la desinfección del mismo.

Las plántulas se sembraron en cada una de las bolsas en un hoyo realizado con un objeto de madera en forma puntiaguda, este proceso de siembra se realizó el día 29 de noviembre del 2011. (Figura 3.9).



Figura 3.9. Sistema de siembra. A: Colocación de las plántulas en cada bolsa.
B: culminación del trasplante.

3.10. Manejo y programación del riego

La programación del riego consiste en lograr reponer a la planta el agua requerida para su desarrollo, en la cantidad y en el momento adecuado, con el objeto de maximizar su producción y de obtener un producto de calidad definida.

El manejo y la programación del riego tienen como finalidad establecer a priori los tiempos y las frecuencias de riego que permitan obtener un adecuado desarrollo del cultivo. Para que la programación funcione adecuadamente es necesario considerar los siguientes factores: condiciones del clima, que determinan la demanda evaporativa de la atmósfera; características propias del cultivo, estado de desarrollo, etapa fenológica, desarrollo radicular; características propias del suelo o sustrato, capacidad de retención, profundidad; equipo de riego, características, caudal, intensidad de aplicación.

3.10.1. Estrategia de aplicación del riego

Desde el día cero del trasplante se inició con un riego igual para todos los tratamientos, con la finalidad de que las plantas llevaran el mismo desarrollo de establecimiento; a partir del día 41 DDT, se comenzó a aplicar las estrategias para los distintos tratamientos de riego, tomándose diariamente lecturas de evaporación en la tina tipo “A”, registros de datos de radiación y mediciones de balance de agua.

Dentro del invernadero se instaló una tina de evaporación tipo “A”, donde se obtuvieron lecturas diarias de evaporación a las 8 am, esto con la ayuda de un tornillo micrométrico (limnómetro).

Adicionalmente y con la finalidad de tratar de observar la validez de un equipo sencillo, que sea de muy fácil utilización por el productor, para el cálculo de la evaporación y posterior

demanda de agua del cultivo, se instaló un evaporímetro que consiste de un recipiente cilíndrico de 30 cm de diámetro y 35 cm de altura, con un volumen de 20 litros (Figura 3.10).

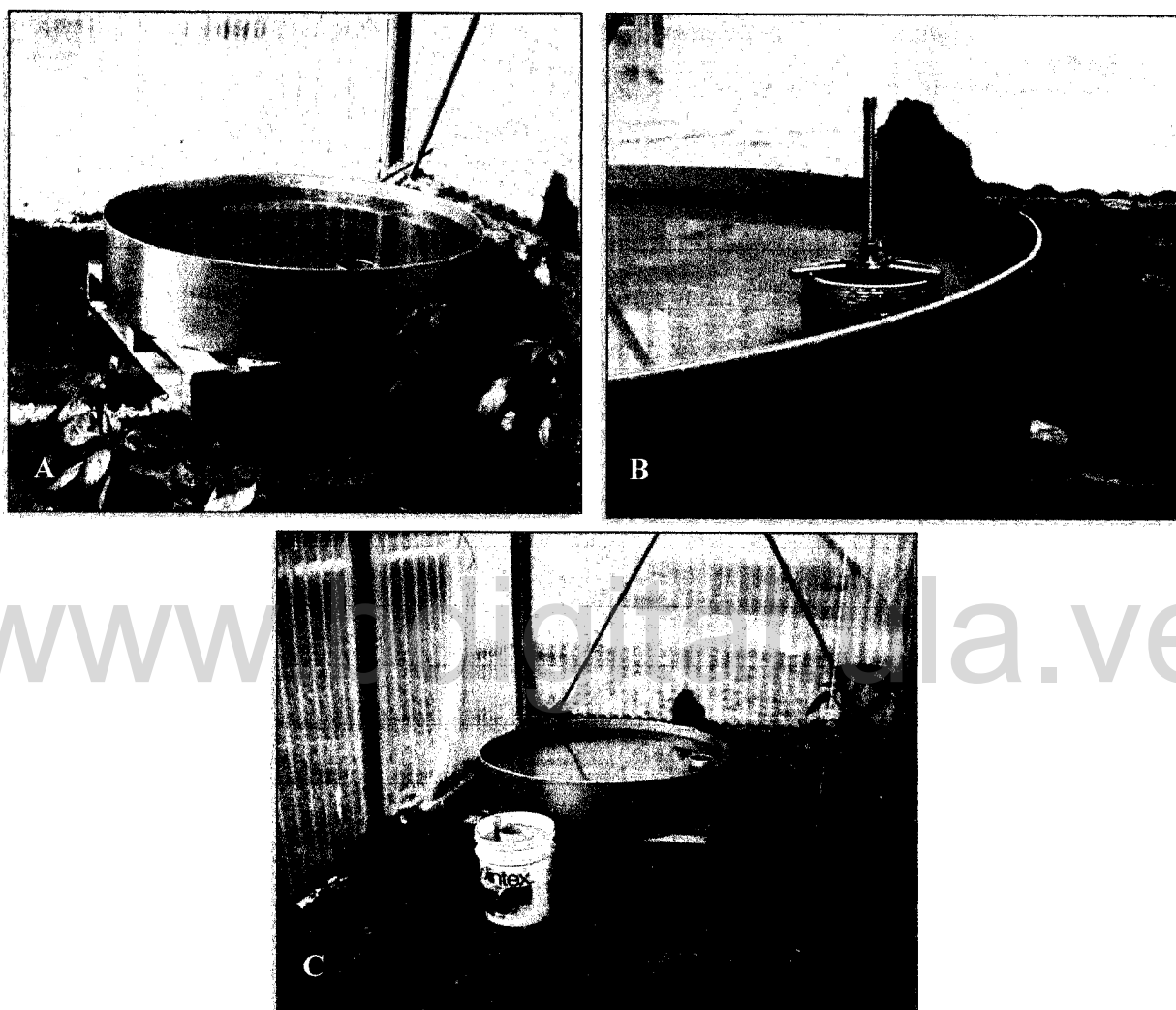


Figura 3.10. A: Tina de evaporación tipo “A”. B: tornillo micrométrico (limnómetro).
C: Evaporímetro.

Igualmente se instaló dentro del invernadero una micro estación meteorológica marca HOBO, la cual posee un data logger, donde se registraron datos de radiación, temperaturas máximas y mínimas y humedad relativa. Los registros se realizaron cada 10 min. (Figura 3.11).

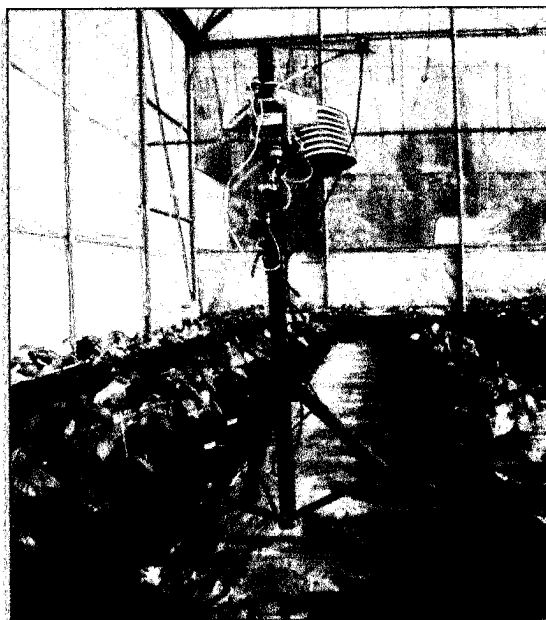


Figura 3.11. Micro estación climática, marca HOBO.

Para el método de balance de agua se seleccionaron 4 plantas, las cuales se colocaron sobre una base elaborada con cabilla y debajo de ella una bandeja para captar el agua drenada de las plantas (Figura 3.12).



Figura 3.12. Método para captar el agua drenada de la planta.

3.10.2. Cálculo de la evapotranspiración

Para aportar las cantidades de agua necesarias al cultivo y en el momento adecuado, es importante conocer las relaciones agua-suelo-planta-atmósfera, con la finalidad de evitar gastos excesivos e innecesarios que afecten sustancialmente la producción del cultivo.

3.10.2.1. Método de Tina tipo A

Se procedió a tomar registros diarios de la tina, la cual se multiplicó por el coeficiente de tina (K_p), que se estimó en 0,65. Para este valor se utilizó como referencia los datos presentados por FAO 56, mostrados en el Apéndice B-1, entendiendo que en el invernadero no influye la velocidad del viento. Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{to}), se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$E_{to} = K_p * E_v \quad (3.1)$$

E_{to} es la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

E_v es la evaporación medida en el tanque evaporímetro (mm/día).

K_p es un coeficiente que depende de las características del tanque, situación y las condiciones ambientales.

3.10.2.2. Método de Radiación (fórmula para invernadero)

Para la estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia en invernaderos, se utilizó el modelo propuesto por Fernández *et al.* (2001):

Si $DDA < 220$

$$E_{to} = (0,288 + 0,0019 * DDA) * R_{s_{inv}} \quad (3.2)$$

Si $DDA > 220$

$$Eto = (1,339 - 0,00288 * DDA) * Rs_{inv} \quad (3.3)$$

Donde:

DDA es el día del año. 1^{ero} de enero día 1 y el 31 de diciembre el día 365.

Rs_{inv} , es la radiación solar dentro de invernadero expresada en mm/día.

Posteriormente, en ambos métodos se procedió al cálculo de la evapotranspiración del cultivo Etc (mm/d) haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$Etc = Eto * Kc \quad (3.4)$$

Eto es la evapotranspiración del cultivo de referencia

Kc es el coeficiente del cultivo

Para el cálculo del coeficiente del cultivo se utilizó el método propuesto por Fernández *et al.* (2001) el cual consiste en trabajar con el tiempo térmico acumulado (TTA), obtenido con temperaturas máximas y mínimas diarias y de tres valores de temperatura, característicos del cultivo, expresados en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Valores de temperatura base (T_b), temperatura óptima (T_{op}) y temperatura umbral superior (T_{us}), para cada cultivo.

CULTIVO	T_b	T_{op}	T_{us}
Solanáceas	10	30	40
Cucurbitáceas	12	32	42

Fuente: Fernández *et al.* (2001).

Las expresiones utilizadas para el cálculo del tiempo térmico diario ($TT^{\circ}C$ día) se presentan en las siguientes ecuaciones:

Si $T_{m\acute{a}x} < T_{op}$ y $T_{m\acute{i}n} < T_b$

$$TT = \frac{(T_{m\acute{a}x} - T_b)^2}{[2(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})]} \quad (3.5)$$

Si $T_{m\acute{a}x} < T_{op}$ y $T_{m\acute{i}n} > T_b$

$$TT = 0,5 * (T_{m\acute{i}n} + T_{m\acute{a}x}) - T_b \quad (3.6)$$

Si $T_{m\acute{a}x} > T_{op}$

$$TT = \frac{1}{(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})} * \left[\frac{(T_{op} - T_{m\acute{i}n})^2}{2} + (T_{m\acute{i}n} - T_b) * (T_{op} - T_{m\acute{i}n}) + \left((T_{m\acute{a}x} - T_{op}) * (T_{op} - T_b) * \left(0,5 + \frac{0,5 * (T_{us} - T_{m\acute{a}x})}{(T_{us} - T_{op})} \right) \right) \right] \quad (3.7)$$

El tiempo térmico acumulado se expresa de la siguiente manera:

$$TTA = \sum_0^t TT \quad (3.8)$$

El día cero (0) corresponde a la fecha del trasplante y t es el día actual.

En la Tabla 3.3 se presenta el valor de Kc mínimo ($Kc_{m\acute{i}n}$) y máximo ($Kc_{m\acute{a}x}$) utilizados para el cultivo de pimentón en invernaderos.

Tabla 3.3. Valores de Kc mínimo ($K_{c_{\min}}$) y máximo ($K_{c_{\max}}$) obtenidos experimentalmente para los cultivos hortícolas bajo invernadero.

CULTIVO	$K_{c_{\min}}$	$K_{c_{\max}}$
Melón rastrero	0,2	1,1
Calabacín	0,2	1,1
Sandía	0,2	1,1
Judía	0,2	1,4
Tomate	0,2	1,6
Pimiento	0,2	1,4
Melón entutorado	0,2	1,3
Pepino	0,2	1,2
Berenjena	0,2	1,2

Fuente: Fernández *et al.* (2001).

Finalmente se procedió al cálculo del valor del Kc-TTA, para el cultivo de pimentón de la siguiente manera:

Si $TTA < 200$

$$Kc = 0,2 \quad (3.9)$$

Si $200 < TTA < 880$

$$Kc = K_{\min} + 0,00176 * (TTA - 200) \quad (3.10)$$

Donde el $K_{c_{\min}}$ es el Kc mínimo

Si $TTA > 880$

$$Kc = K_{c_{\max}} \quad (3.11)$$

3.10.2.3. Balance de agua

Mediante este método, con los valores medidos, se obtuvo directamente la Etc. La evapotranspiración se calculó mediante el balance de agua, a través de la siguiente ecuación:

$$Etc = (W_{t0} - W_{t1}) + R - L \quad (3.12)$$

$(W_{t0} - W_{t1})$ es la variación en el contenido de agua en cada planta entre los tiempos t_0 y t_1 (ml).

R es el riego aplicado con una frecuencia diaria (ml).

L es el lixiviado que se medirá diariamente (ml).

3.10.3. Cálculo del tiempo de riego

El tiempo de riego diario se calculó con el volumen de agua consumida y el caudal aplicado, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$tr = \frac{V}{qa} \quad (3.13)$$

tr : es el tiempo de riego (h)

V : volumen de agua consumida (l)

qa : caudal del emisor (l/h)

El tiempo de riego obtenido con las lecturas diarias se aplicó fraccionado en 4 riegos diarios realizados a las 8:30 am; 10:00 am; 2:30 pm y 4:00 pm.

3.10.4. Fertirrigación

Como su nombre lo indica la fertirrigación es la aplicación conjunta del agua con los fertilizantes. La fertilización representa uno de los pilares que permiten acceder a productos de calidad y con rendimientos elevados y sostenidos en el tiempo. El éxito alcanzado en el cultivo de pimentón radica en un manejo integrado de las prácticas culturales durante el ciclo del cultivo, optimizando el ambiente en el que se desarrolla el cultivo.

Una instalación adecuada y parámetros de riego y abonado optimizados, con dosificación de fertilizantes distribuida durante todos los días del ciclo del cultivo, según las características de la planta, permitirán hacer un uso eficaz de la técnica, haciendo frente a los posibles problemas de contaminación que pueden originarse por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo, mejorando la productividad del cultivo y la calidad de la cosecha, objetivos obligados en el contexto económico actual.

El manejo de la fertilización se realizó en forma proporcional, es decir se inyectó una cantidad definida de solución de fertilizantes en función de la cantidad de agua de riego aplicada diariamente para cada uno de los métodos y para la etapa fenológica del cultivo. La fertilización se ajustó de acuerdo a los resultados de los análisis de sustrato realizados.

3.10.5. Conductividad eléctrica y pH

Con la finalidad de monitorear la práctica de la fertirrigación se realizaron mediciones de conductividad eléctrica pH y del lixiviado. Para ello se utilizaron medidores portátiles de pH/CE, vaso plástico y agua destilada. Los medidores mencionados se calibraron constantemente en laboratorio.

3.10.6. Potenciales hídricos e intercambio de gases

Estas mediciones se realizaron con la finalidad de comprobar la respuesta de la planta a las cantidades de agua aplicada en cada tratamiento. Para la medición de potencial hídrico foliar se utilizó una bomba de presión Scholander modelo SKPM SKYE Powys, (Figura 3.13), el cual consiste en aplicar una presión positiva (gas nitrogenado) sobre una hoja hasta que aparezca agua en el extremo seccionado del pecíolo, tomando el valor de la presión mediante un manómetro integrado al aparato.

Los potenciales hídricos se midieron a las 7:30 y 11:30 de la mañana. Se seleccionaron tres plantas por cada tratamiento, híbrido y réplica. En cuanto a las mediciones de intercambio de gases fueron seleccionadas 3 plantas por cada tratamiento, híbrido y replica, con una medición por planta, para ello se utilizó un sistema portátil, operado en modo abierto (LCA-4, ADC LTC., Hoddesdon), (Figura 3.14). Consiste en colocar una hoja dentro de una cámara foliar por un lapso de 30 segundos, por la cual pasa un flujo de aire controlado. Las tasas de intercambio de gases se determinan tomando en cuenta tasas de flujo de aire controlado, superficie de área foliar y diferencias de concentración de vapor de agua y de CO₂. Las mediciones se iniciaron a las 10 am.



Figura 3.13. Bomba de presión o Bomba de Scholander.

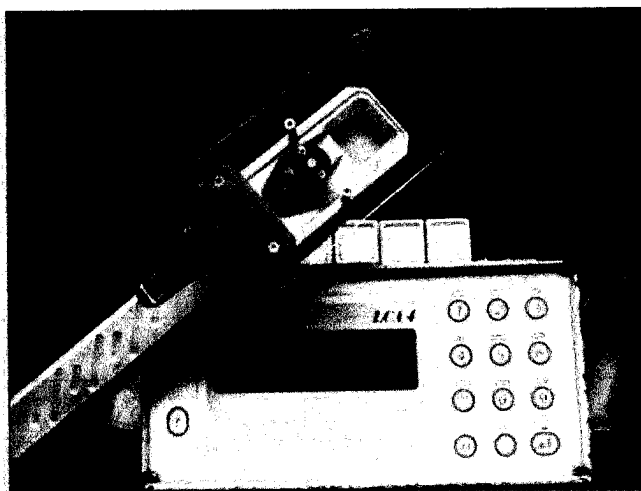


Figura 3.14. Sistema portátil de Intercambio de Gases ADC.

3.11. Prácticas agronómicas

Las aplicaciones y selección de pesticidas para el control de plagas y enfermedades fueron realizadas bajo las recomendaciones profesionales del personal técnico que asiste al invernadero y el conjunto de investigadores del IIAP.

3.11.1. Control de plagas y enfermedades

Esta labor se realizó con frecuencias semanales adoptando el criterio de prevención con dosis mínimas de los diferentes productos aplicados y rotaciones de los mismos. No se encontraron problemas fitosanitarios importantes. Sin embargo, hubo daños de Botrytis en la horqueta y guías en dos plantas ocasionando la pérdida de ellas, las principales plagas encontradas fueron gusanos o larvas y ácaros pero en pequeña escala. (Figura 3.15).

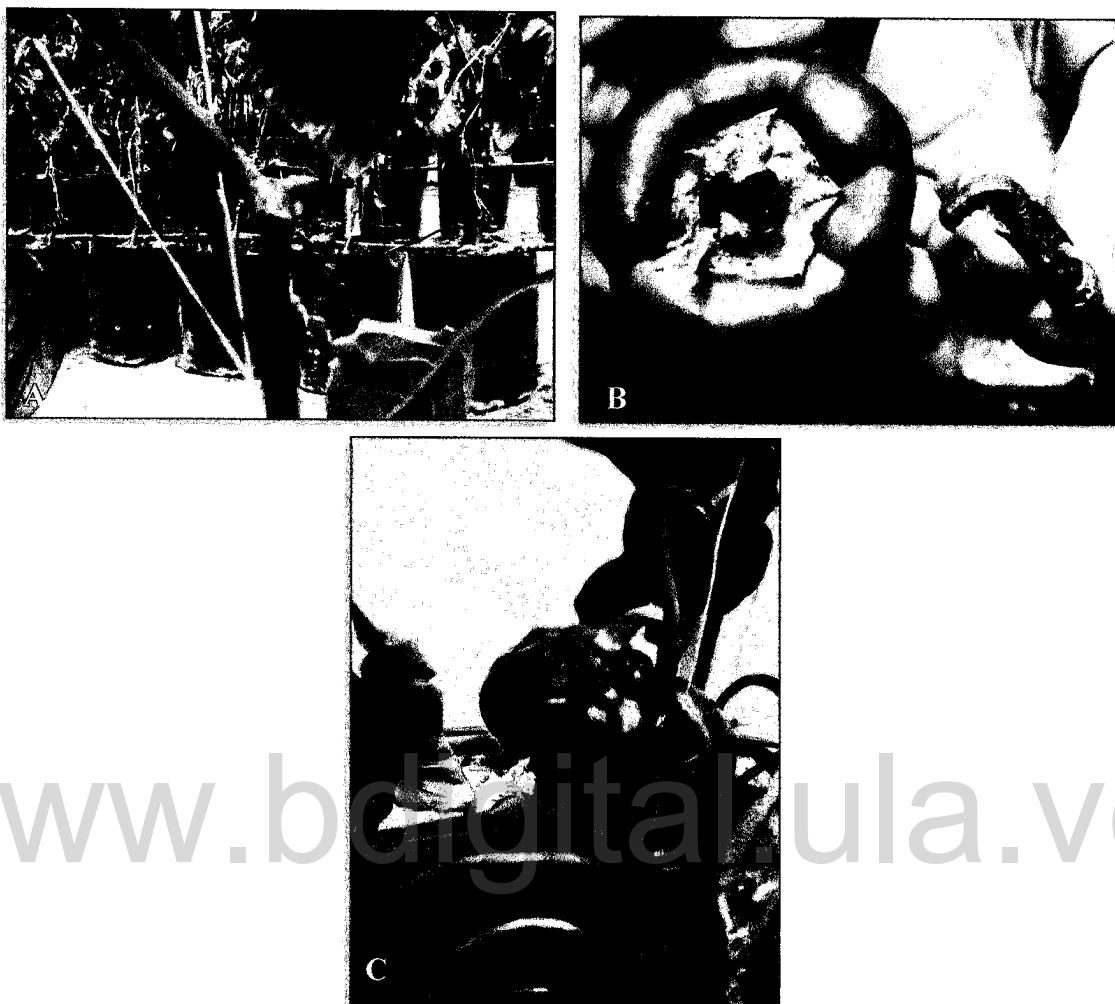


Figura 3.15. Enfermedades y plagas encontradas. A: Botrytis en una de las guías de la planta. B: Larvas en fruto. C: Ácaros en fruto.

Las aplicaciones de los productos químicos se realizó con asperjadora de espalda y de acuerdo a las necesidades de control y prevención.

3.11.2. Prácticas culturales

Estas prácticas se realizaron desde el trasplante hasta el final del cultivo con la finalidad de mejorar las condiciones del mismo, siendo éstas las siguientes:

✓ Poda de formación: una vez que se formó la primera bifurcación en la planta, se conformó a dejar solamente dos brazos (guías). La primera flor de la horqueta no se eliminó, (recomendaciones de especialistas), (Figura 3.16).



Figura 3.16. Poda de formación.

✓ Aclareo de hojas en tronco y guías: las hojas nacidas en el tronco se eliminaron poco a poco cuando ya estas dejaron de ser funcionales, evitando así ser foco de plagas y enfermedades (Figura 3.17.). Igualmente en el resto de la planta se realizó eliminación de hojas dañadas, por plagas, enfermedades o que interrumpían la aireación de la planta.

✓ Poda: esta se realizaba cada 15 días con la finalidad de seguir llevando las guías actuales, en cada nudo se dejaba una flor con su respectiva hoja, a la ramita que era eliminada se le dejaba una o dos hojas con la finalidad evitar el golpe de sol, (Figura 3.18).

✓ Tutorado: este es importante ya que el amarre hace que las plantas tengan un mejor crecimiento y desarrollo evitando así que los tallos se doblen o se quiebren por completo debido al peso de frutos; para ello se emplearon cabuya fina y resistente y clips o anillos plásticos. Las

cabuyas se sostuvieron con alambre colocados a una altura suficiente de las plantas para no interrumpir el crecimiento de ellas, (Figura 3.19).

✓ El control de la maleza: se realizó cada 22 días, esto para evitar el desarrollo de algunos insectos, igualmente se removía el sustrato con la finalidad de oxigenar el mismo.

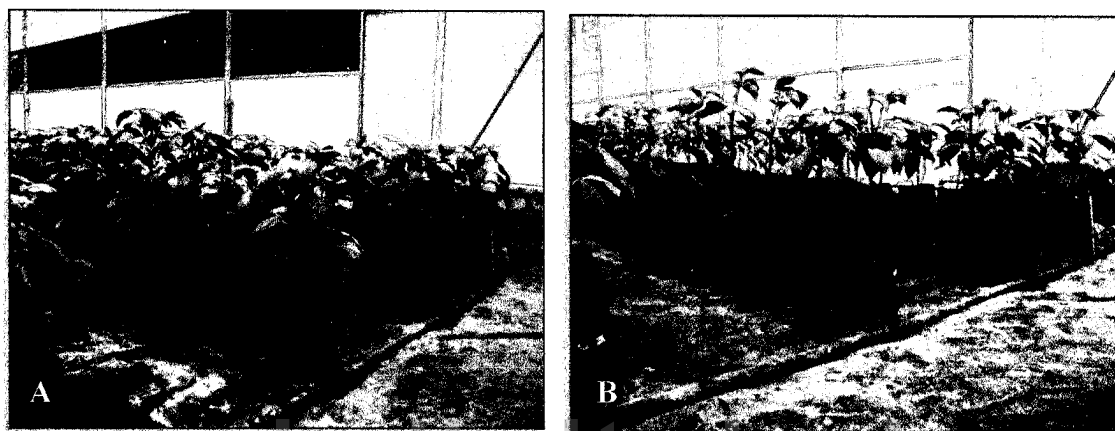


Figura 3.17. Aclareo en tronco y guías. A: Antes de eliminar hojas. B: Después de haber realizado la eliminación de hojas.



Figura 3.18. Poda. A: Sin poda. B: Con poda.

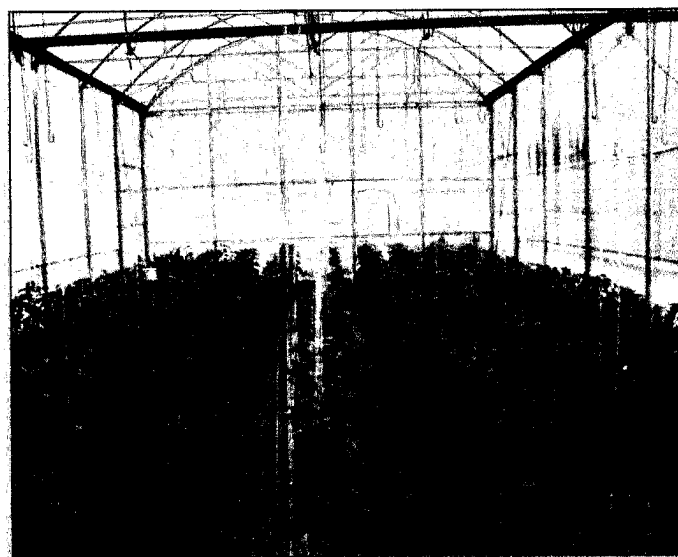


Figura 3.19. Tutorado.

3.12. Recolección de datos, variables morfológicas y componentes de rendimiento

Se evaluó altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro ecuatorial, diámetro polar, número y peso de frutos por cada tratamiento y rendimiento. Los equipos utilizados fueron, cinta métrica, balanza digital, vernier digital (Stainless Hardened), cestas plásticas.

3.12.1. Rendimiento: se obtuvo a partir de los datos obtenidos en cada cosecha y por cada tratamiento y réplica.

3.12.2. Diámetro polar y ecuatorial: se determinaron para cada una de las cosechas, para esto se tomaron los frutos de las plantas seleccionadas de tratamientos y cada híbrido, estas mediciones se realizaron con la ayuda de un vernier digital, expresadas en mm. (Figura 3.20).

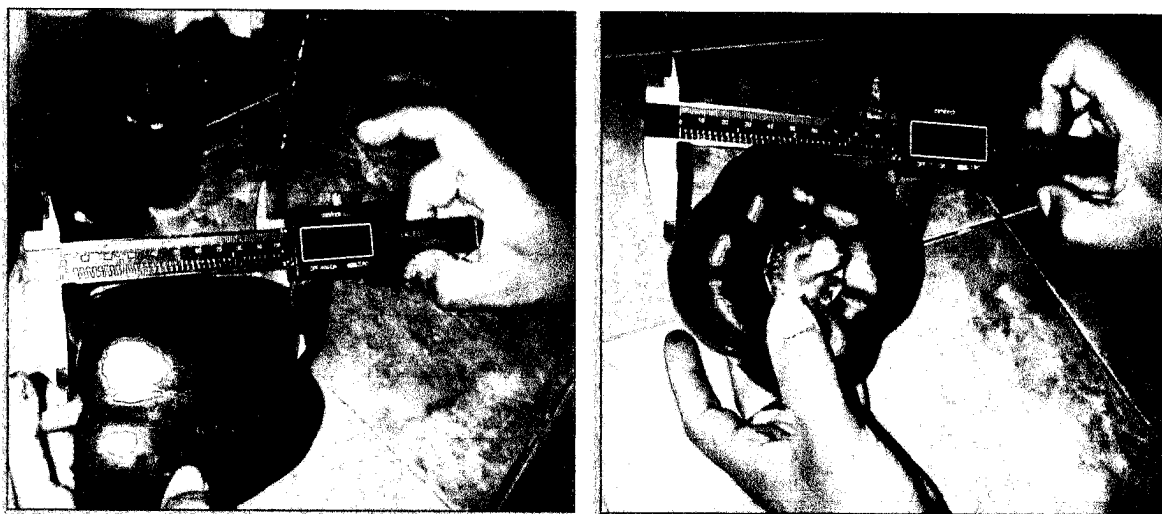


Figura 3.20. Diámetro polar y ecuatorial.

3.12.3. Número y peso de frutos: se procedió a determinar el número de frutos, adoptando la clasificación de frutos comprendidos en pesos, grandes (≥ 200 g), medianos (≥ 100 ; < 200 g) y pequeños (< 100 g). Se contaron y pesaron los frutos por cada tratamiento. (Figura 3.21).

3.12.4. Altura de la planta: en cada híbrido, tratamiento y réplica se seleccionaron 5 plantas al azar, donde se midió la altura desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, utilizando una cinta métrica, esta fue expresada en cm. (Figura 3.22).

3.12.5. Diámetro del tallo: esta medida se realizó en conjunto con la anterior, donde el diámetro se tomó a 10 cm desde la base del tallo, expresada en mm.



Figura 3.21. Número y peso de frutos. A: Conteo de frutos. B: Peso por cada tratamiento y réplica.



Figura 3.22. Altura de la planta (78 DDT).

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Agua de riego

El agua proviene de una naciente la cual pertenece al Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Los parámetros físicos químicos encontrados fueron de pH: 7,68, alcalinidad total: 16.67 mg/l, dureza total: 12,0 mg/l, sólidos totales: 162,4 mg/l, conductividad eléctrica: 50 μ S/cm, sulfato 12,3 mg/l, nitratos: 0,52 mg/l, cloruros 1,54 mg/l, en el Apéndice C-1 se presentan los resultados del análisis realizado.

4.2. Sustrato

El sustrato utilizado presenta valores altos en: fósforo 148 ppm; potasio 194 ppm; calcio 1.514 ppm y magnesio 186 ppm; la materia orgánica fue de 6,9 %; un pH de 5,2 y una conductividad eléctrica de 0,67 dS/m; estos resultados se presentan en el Apéndice C-2.

4.3. Información climática

La investigación se llevó a cabo entre los meses Noviembre 2011 y Octubre 2012. En la Tabla 4.1 se presentan los valores de las variables climáticas recopilados con una estación micrometeorológica instalada dentro del invernadero. El promedio de temperatura diaria máxima, media y mínima, durante el periodo de investigación fue: 25,42 °C; 18,09 °C y 13,30 °C respectivamente, la humedad relativa 81,92 % y radiación total 3,89 mm/d.

Tabla 4.1. Valores máximos y mínimos medios mensuales de temperatura, valores medios mensuales de humedad relativa y radiación total durante el período del cultivo, en Invernadero de Santa Rosa, Mérida.

MES	Temperatura máxima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad relativa (%)	Radiación total (mm/d)
Noviembre	24,14	17,71	14,85	90,97	2,29
Diciembre	23,40	17,36	13,25	86,70	2,34
Enero	23,64	16,76	11,53	81,94	3,51
Febrero	24,36	16,98	11,19	78,23	4,54
Marzo	24,54	17,48	12,89	84,42	4,01
Abril	24,69	18,03	14,08	87,52	3,62
Mayo	26,02	18,78	14,01	82,43	4,34
Junio	27,07	18,87	13,37	76,79	4,62
Julio	27,09	18,87	13,64	79,42	4,39
Agosto	26,62	18,80	13,71	78,97	4,24
Septiembre	28,03	19,31	13,72	73,78	4,91
Promedio	25,42	18,09	13,30	81,92	3,89

En la Tabla 4.2 se muestran los valores promedios semanales del diferencial térmico, medidos dentro del invernadero. Según, Thompson y Kelly (1957) citado por Núñez, F. (1995) mencionan que el diferencial térmico óptimo noche-día oscila entre 5 y 8 °C, mientras que Reche (2010) considera que las oscilaciones de temperatura entre el día y la noche no deben superar los valores de 8-10 °C, esto para evitar caída de frutos pequeños y recién cuajados; las temperaturas muy bajas originan frutos muy delgados, puntiagudos y muchas veces deformados. Los valores medios semanales obtenidos de diferencial térmico oscilaron entre 6,41 °C y 15,84 °C, con un promedio de 12,37 °C.

Tabla 4.2. Valores promedios semanales del diferencial térmico medidos dentro Del invernadero en cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

Fecha	DDT	Variación Térmica °C	Fecha	DDT	Variación Térmica °C
05/12/2011	6	6,41	07/05/2012	160	10,93
12/12/2011	13	8,90	14/05/2012	167	10,65
19/12/2011	20	10,48	21/05/2012	174	13,26
26/12/2011	27	11,92	28/05/2012	181	12,76
02/01/2012	34	12,91	04/06/2012	188	13,82
09/01/2012	41	11,86	11/06/2012	195	14,05
16/01/2012	48	12,03	18/06/2012	202	12,04
23/01/2012	55	11,98	25/06/2012	209	14,15
30/01/2012	62	12,25	02/07/2012	216	13,52
06/02/2012	69	12,91	09/07/2012	223	13,71
13/02/2012	76	12,13	16/07/2012	230	13,36
20/02/2012	83	13,52	23/07/2012	237	13,87
27/02/2012	90	13,97	30/07/2012	244	13,99
05/03/2012	97	12,85	06/08/2012	251	12,10
12/03/2012	104	11,53	13/08/2012	258	11,76
19/03/2012	111	11,91	20/08/2012	265	13,81
26/03/2012	118	10,04	27/08/2012	272	11,75
02/04/2012	125	12,70	03/09/2012	279	15,84
09/04/2012	132	9,72	10/09/2012	286	14,84
16/04/2012	139	7,81	17/09/2012	293	13,49
23/04/2012	146	11,20	24/09/2012	300	13,76
30/04/2012	153	13,14	30/09/2012	306	14,56

El comportamiento de la evaporación de la Tina tipo A instalada dentro del invernadero, medida durante el periodo de evaluación, se muestra en la Figura 4.1. También se tomaron valores en el Evaporímetro instalado en el invernadero, esto con la finalidad de obtener una correlación con los valores medidos de la evaporación de la tina.

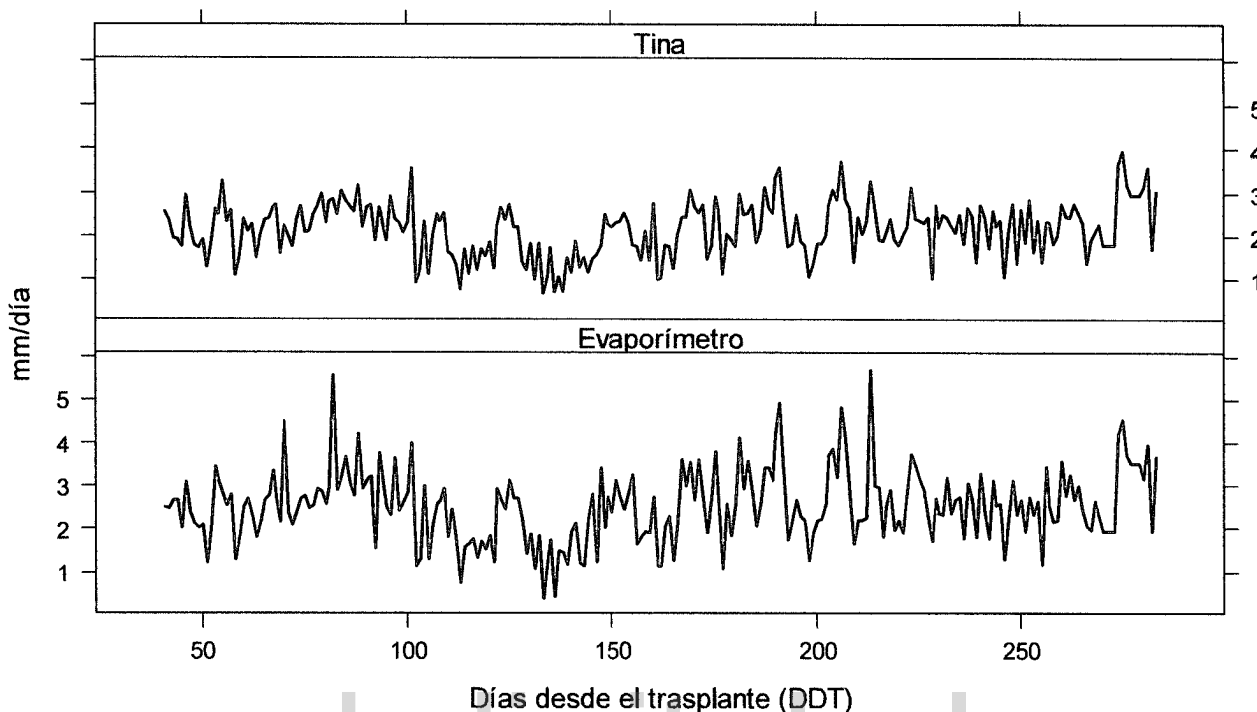


Figura 4.1. Evaporación de la Tina tipo A y del Evaporímetro medidos dentro del invernadero, expresado en mm/día.

La Figura 4.2 muestra que hubo buena correlación lineal entre estas dos formas de medida de evaporación, dando un valor igual a 0,88. Es decir que la variación de una influye con respecto a la variación de la otra. Este resultado permite proponerle al productor la utilización de un equipo de fácil acceso y manejo para estimar los requerimientos de agua del cultivo bajo invernadero debido a su validez.

También se relacionó la evaporación de la Tina clase “A” medidos dentro y fuera del invernadero, encontrándose una baja correlación con un valor igual a 0,47. No se puede establecer ningún tipo de relación debido a que estas variables son independientes entre sí. Es decir que las condiciones climáticas o meteorológicas dentro del invernadero son diferentes a las condiciones al aire libre. La relación entre estas dos mediciones se presenta en la Figura 4.3.

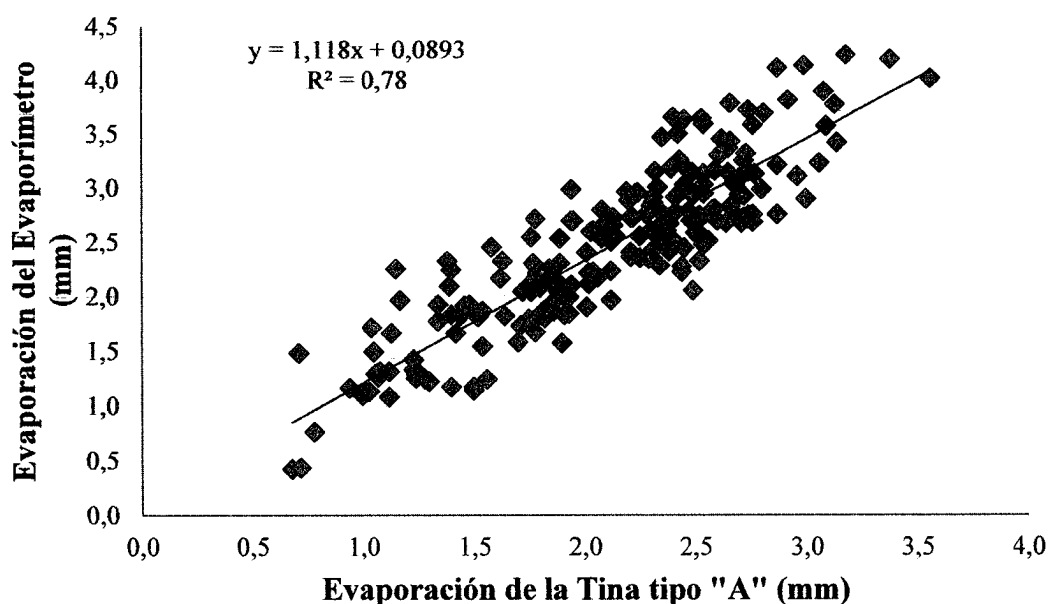


Figura 4.2. Correlación entre la evaporación obtenida mediante la Tina tipo A y la obtenida mediante el Evaporímetro, medidas en invernadero.

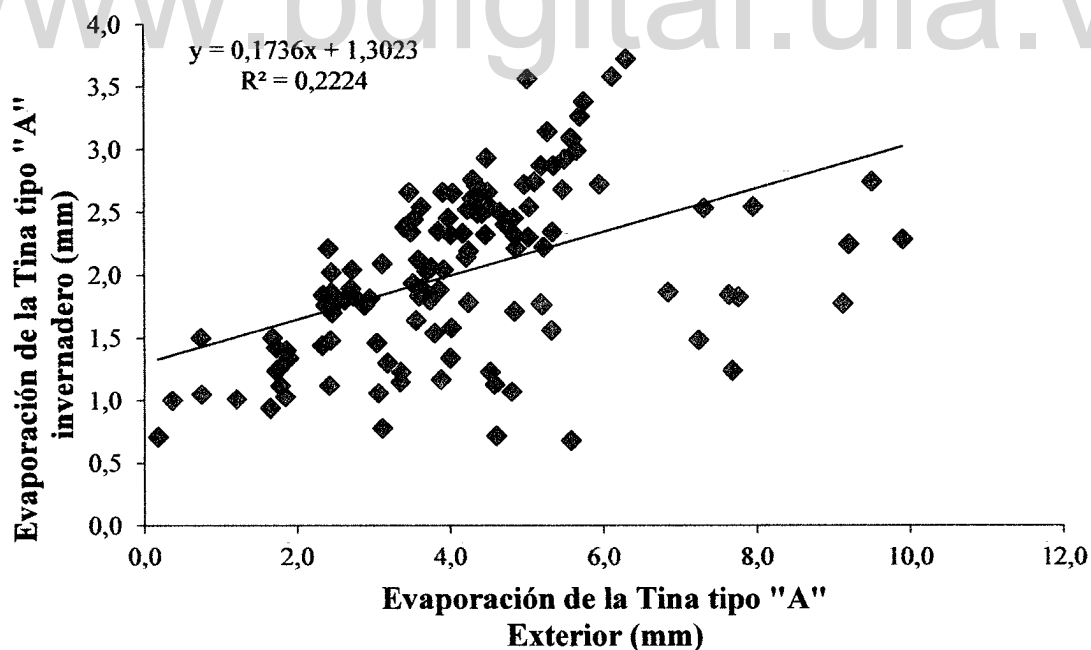


Figura 4.3. Correlación entre la evaporación obtenida mediante la Tina tipo A, medida dentro del invernadero y al aire libre.

4.4. Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina Eto. El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo. Debido a que hay una abundante disponibilidad de agua en la superficie de evapotranspiración de referencia, los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre Eto. (Allen *et al.*, 2006).

La Figura 4.4, muestra los valores diarios de la Eto para los diferentes métodos estudiados, donde se observa que se obtuvo el mismo comportamiento a lo largo del ciclo del cultivo; sin embargo, los valores obtenidos por el método de Radiación fueron mayores en comparación con Tina y Balance.

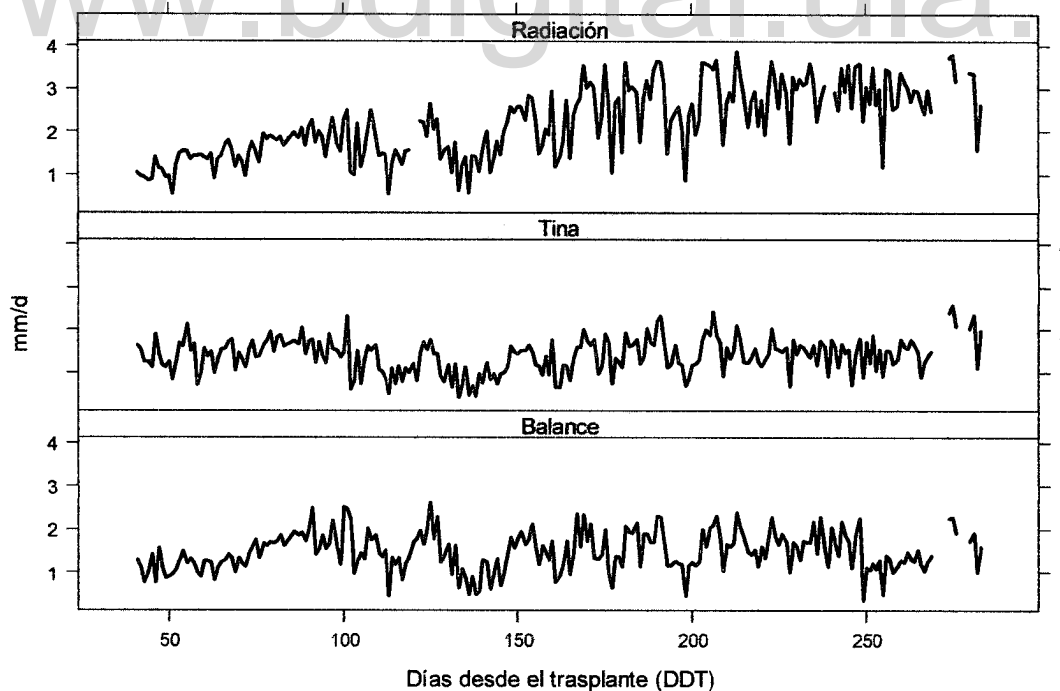


Figura 4.4. Evapotranspiración del cultivo de referencia para cada uno de los métodos estudiados.

4.4.1. Coeficiente del tanque evaporímetro (Kp)

Para el trabajo de investigación se estimó un valor de Kp de 0,65, utilizando como referencia datos presentados por la FAO-56. Se estudió en forma más detallada el valor del Kp, correlacionando los valores de la evapotranspiración de referencia obtenida por medio del balance de agua y los valores de la evaporación obtenida desde la Tina tipo A, donde la expresión muestra que se obtuvo un valor de Kp de 0,6533 para el área de estudio, cercano al valor estimado originalmente (Figura 4.5).

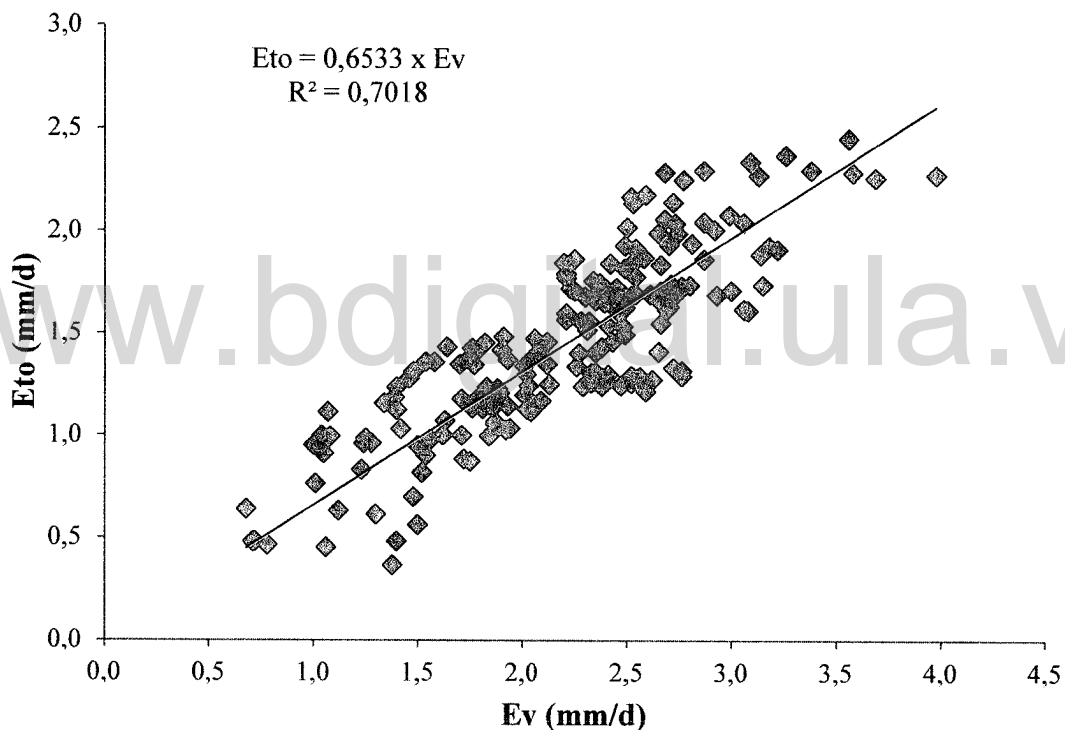


Figura 4.5. Relación entre la evaporación obtenida mediante la Tina tipo A y la evapotranspiración de referencia obtenida mediante el balance de agua, medidas en invernadero.

En las Figuras 4.6 y 4.7 se comparan los valores medidos de la Eto con los valores estimados de la Eto durante el periodo de evaluación, donde se observa que existe una relación entre los valores de la Eto medidos y estimados.

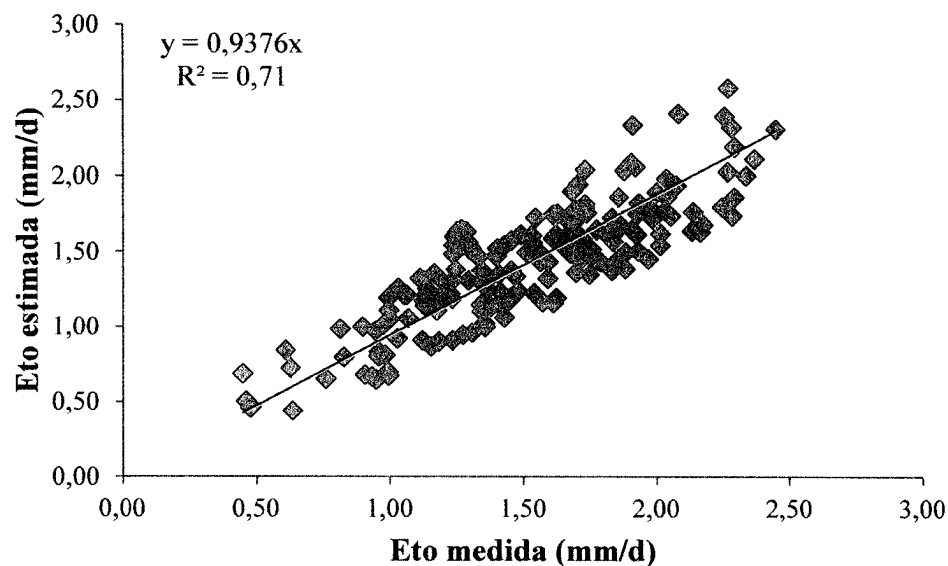


Figura 4.6. Comparación entre los valores de E_{to} medidos mediante el Balance de agua y los estimados mediante el método de la Tina tipo A.

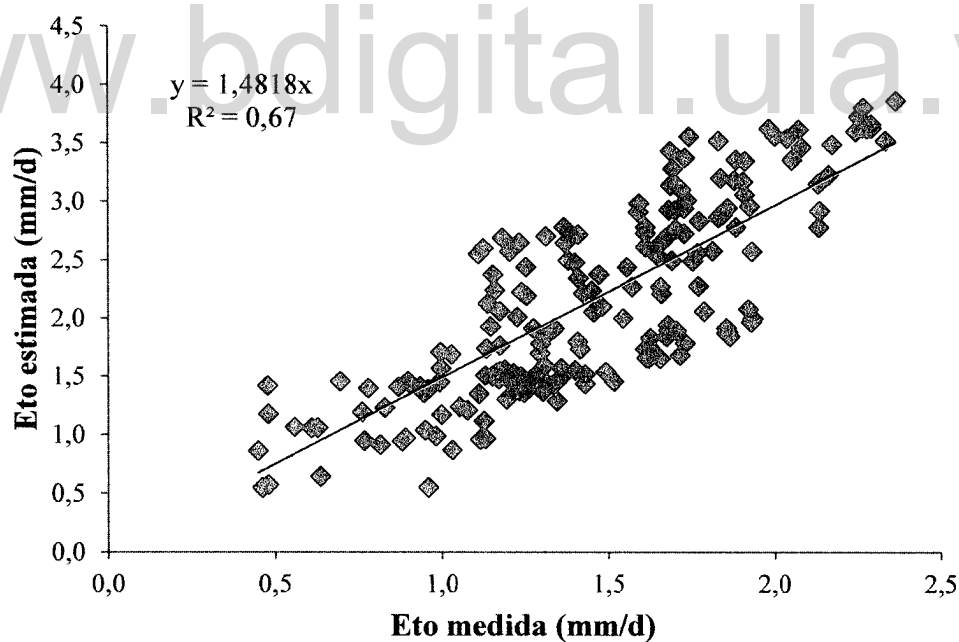


Figura 4.7. Comparación entre los valores de E_{to} medidos mediante el Balance de agua y los estimados mediante el método de Radiación.

4.5. Coeficiente del cultivo

Jensen *et al.* (1990) describe que el coeficiente del cultivo depende principalmente de la altura del cultivo, resistencia y albedo de la superficie suelo-cultivo. Así mismo Fernández *et al.* (2001) considera que el manejo de cultivos bajo invernadero es muy diferente al realizado al aire libre.

Este último autor indica que para conocer las demandas de agua de los cultivos hortícolas bajo invernadero es necesario determinar los valores del Kc bajo estas condiciones.

El coeficiente del cultivo (Kc), se estimó con base a la metodología presentada por Fernández *et al.* (2001). En el Apéndice D-1 se muestran los valores diarios obtenidos de Kc.

Adicionalmente se determinaron valores medidos de este coeficiente a lo largo del ciclo del cultivo mediante la Ecuación 4.1. Los valores de la Etc se obtuvieron mediante el balance de agua y la Eto a través de la Tina de evaporación tipo A. Estos valores fueron ajustados utilizando una regresión polinómica de tercer orden, obteniendo así una curva característica del Kc para el pimentón bajo condiciones protegidas. Los valores promedios semanales se presenta en la Tabla 4.3, y la Figura 4.8, muestra las curvas obtenidas. En la curva del Kc-simulado se consideró que el valor de Kc_{máx} fuera constante hasta el final del ciclo, mientras que en la curva del Kc-simulado ajustado; el Kc comienza a disminuir a partir del día 169 DDT hasta alcanzar valores de 0,9 los cuales fueron constantes hasta el final del ciclo. Se puede observar que el Kc-medido se ajusta al Kc obtenido por medio de la metodología propuesta por Fernández *et al.* (2001); sin embargo, el Kc medido comenzó a caer a partir del día 132.

$$Kc = \frac{Etc}{Eto} \quad (4.1)$$

Rázuri *et al.* (2003) determinaron el coeficiente del cultivo a partir de datos medidos en campo (lámina de riego diaria, precipitación, evaporación de la tina velocidad del viento, altura

de la plata, porcentaje de sombreado y desarrollo fisiológico para cada una de las etapas del ciclo del cultivo) los cuales fueron ajustados mediante una relación polinómica de sexto orden obteniendo así una curva característica del Kc para el pimentón (Figura 4.9).

Tabla 4.3. Valores promedios semanales del coeficiente del cultivo (Kc), medidos y simulados.

DDT	Kc simulado	Kc-simulado ajustado	Kc medido	DDT	Kc simulado	Kc-simulado ajustado	Kc medido
0	0,20	0,20		146	1,40	1,40	1,14
6	0,20	0,20		153	1,40	1,40	1,26
13	0,20	0,20		160	1,40	1,40	1,15
20	0,21	0,21		167	1,40	1,38	1,13
27	0,29	0,29		174	1,40	1,33	0,97
34	0,39	0,39		181	1,40	1,27	1,11
41	0,49	0,49	0,78	188	1,40	1,22	1,00
48	0,58	0,58	0,86	195	1,40	1,16	0,95
55	0,67	0,67	0,81	202	1,40	1,10	1,01
62	0,76	0,76	0,81	209	1,40	1,05	1,17
69	0,86	0,86	0,98	216	1,40	0,99	1,11
76	0,96	0,96	0,98	223	1,40	0,94	1,12
83	1,05	1,05	1,05	230	1,40	0,90	1,13
90	1,15	1,15	1,14	237	1,40	0,90	1,17
97	1,25	1,25	1,35	244	1,40	0,90	1,08
104	1,36	1,36	1,17	251	1,40	0,90	0,81
111	1,40	1,40	1,30	258	1,40	0,90	0,79
118	1,40	1,40	1,31	265	1,40	0,90	0,98
125	1,40	1,40	1,45	272	1,40	0,90	0,91
132	1,40	1,40	1,20	279	1,40	0,90	0,83
139	1,40	1,40	1,02				

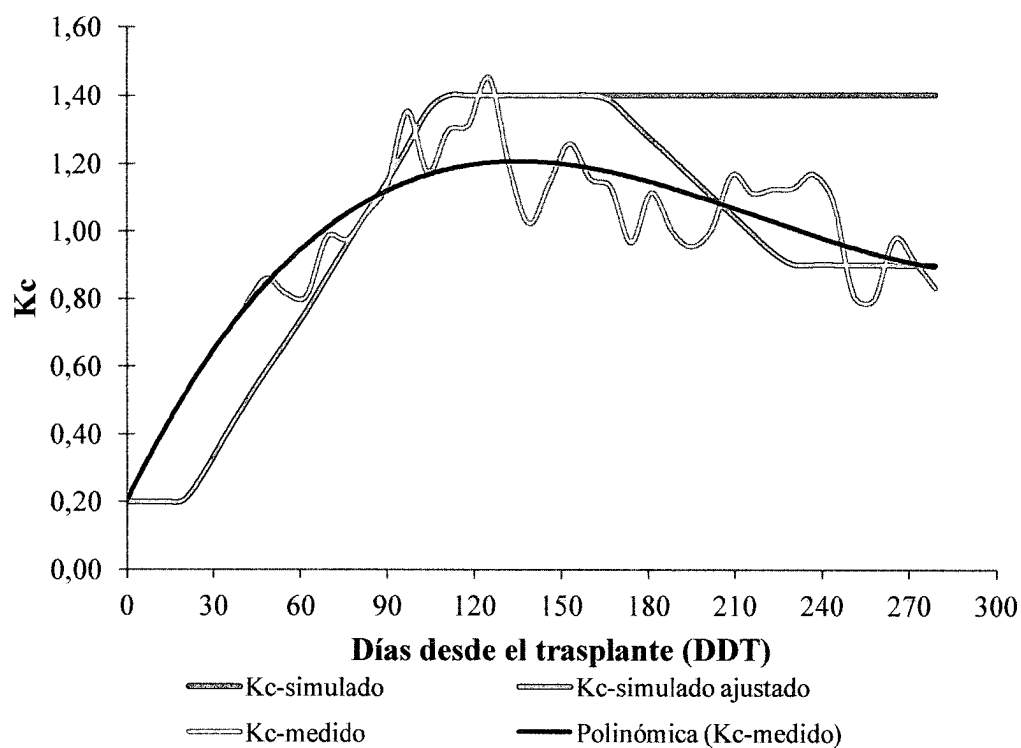
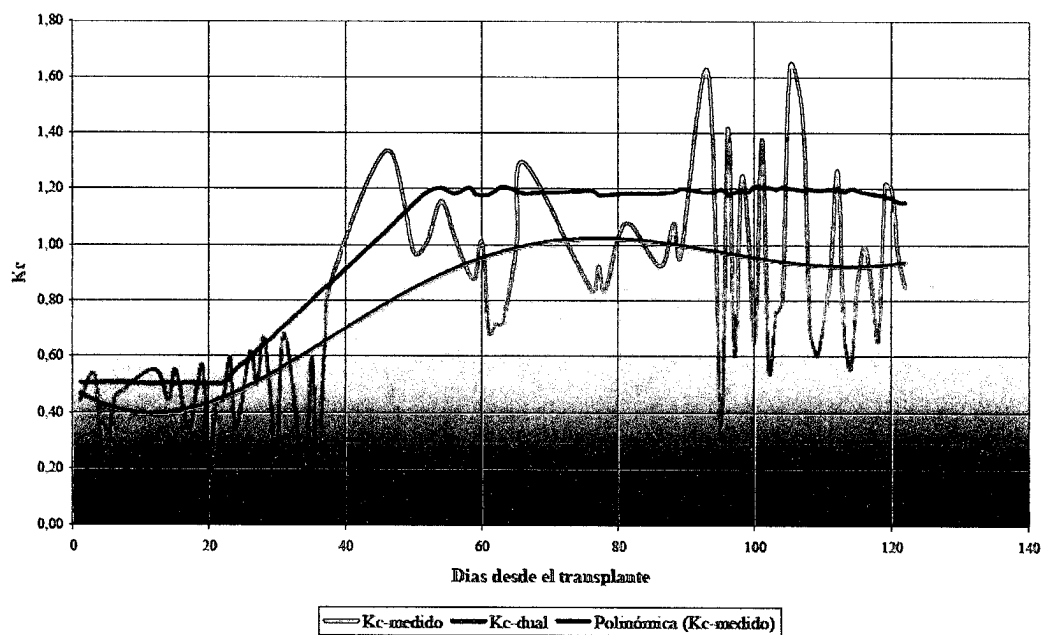


Figura 4.8. Coeficiente del cultivo de pimentón, medido y simulado.

Representación del Kc: teórico y medido



Fuente: Rázuri *et al.* (2003).

Figura 4.9. Coeficiente dual del cultivo de pimentón teórico y medido.

4.6. Evapotranspiración del cultivo

Durante el periodo de investigación se calcularon valores diarios de la evapotranspiración del cultivo, Etc, para cada uno de los métodos o alternativas consideradas. Los valores promedios obtenidos fueron de 2,90 mm/d por el método de Radiación; 1,76 mm/d por el método de Tina instalada en el invernadero y 1,48 mm/día por el método de Balance (Figura 4.10). Igualmente la Figura 4.11 muestra los valores promedios mensuales para cada uno de los métodos, observándose que los tratamientos de Tina y Radiación tienen el mismo comportamiento en los primeros seis meses, siendo Radiación el de mayores valores, ya para los meses julio, agosto y septiembre el comportamiento es diferente, los valores obtenidos por el método de Balance fueron relativamente uniformes a lo largo del periodo de observación.

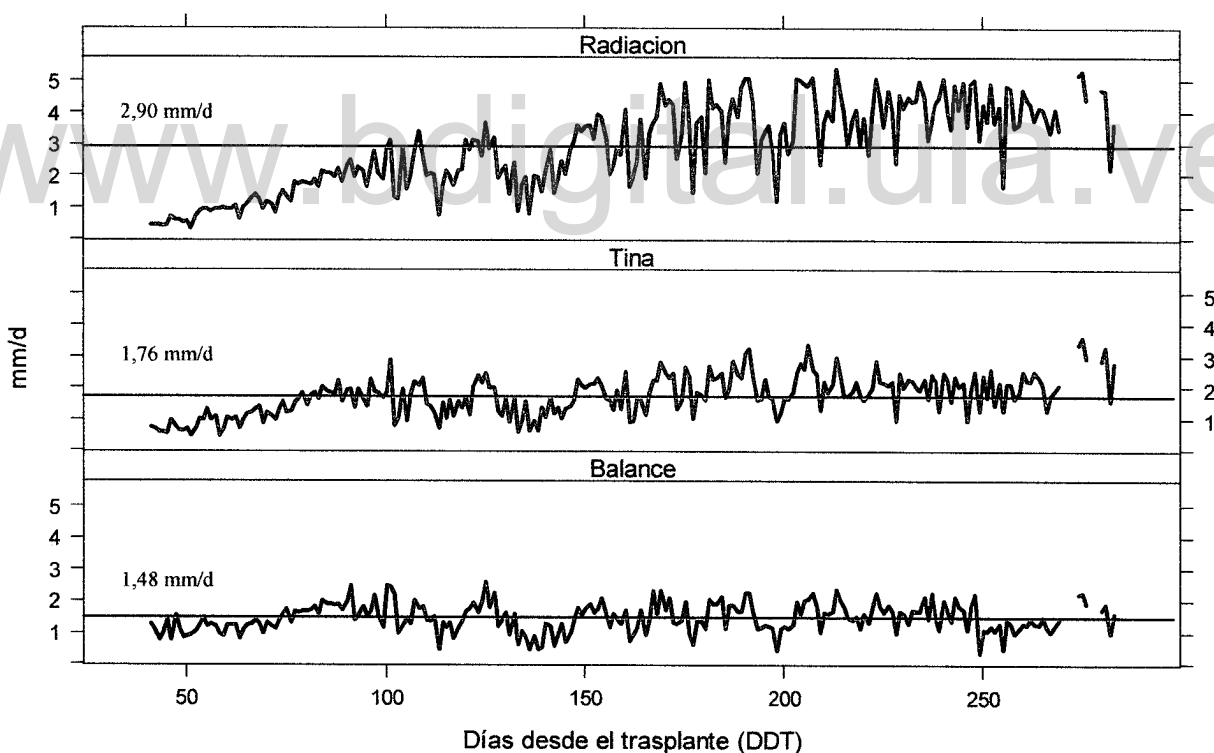


Figura 4.10. Evapotranspiración del cultivo de pimentón para cada uno de los métodos estudiados.

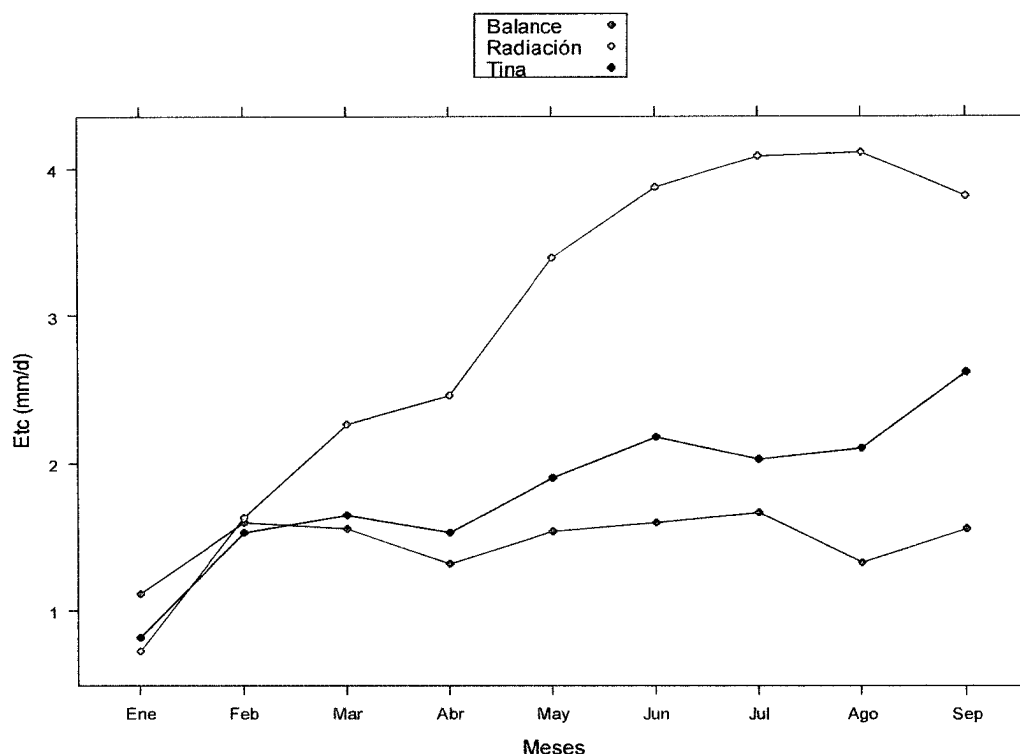


Figura 4.11. Evapotranspiración promedio mensual del cultivo de pimentón para cada uno de los métodos estudiados.

4.7. Manejo y programación del riego

En el sistema suelo-planta-atmósfera, la transferencia de agua se realiza en respuesta a diferencias de potenciales de agua establecidos entre el suelo, la planta y la atmósfera. Por lo tanto el éxito de la estrategia de manejo y programación del riego depende esencialmente de su capacidad para integrar todos estos factores, dando como resultado formas de manejo de agua que atiendan adecuadamente la demanda hídrica de los cultivos, maximizando los rendimientos con un uso racional de energía y de los otros insumos.

El manejo del riego para cultivos hortícolas como el pimentón, debe tomar en consideración que las curvas de consumo de agua presentan un patrón de variación típico: consumo inicialmente bajo, reflejando casi íntegramente una evaporación de agua del suelo, seguido de una tasa creciente de consumo, por aumento del área foliar, hasta un punto de máximo

consumo, coincidente con la actividad cultural de mayor demanda, para seguidamente disminuir a medida que ocurre una disminución de la actividad fotosintética de las hojas.

Las cantidades de consumo de agua también difieren en función del cultivo, la demanda evapotranspiratoria, del régimen de aplicación de agua adoptado y del estado sanitario del cultivo.

De todo este complejo de relaciones, es posible entender el por qué la administración del agua sin criterios racionales resulta normalmente en aplicaciones excesivas o deficientes, con importantes perjuicios para el productor.

4.7.1. Tiempo de riego

En función de la demanda evapotranspiratoria diaria y del equipo de riego utilizado se calculó el tiempo de riego por día. Este tiempo de riego calculado se dividió en cuatro aplicaciones, los cuales se realizaron a las 8:30 am; 10:00 am; 2:30 pm y 4:00 pm. En la Tabla 4.4 se presentan los tiempos de riego promedios semanales y en la Tabla 4.5 los tiempos promedio, máximos y mínimos para cada uno de los métodos durante toda la investigación.

En la Figura 4.12 se muestra los tiempos de riego diarios, donde claramente refleja que éstos fueron mayores por el método de Radiación, los tiempos de riego para los métodos de Tina y Balance fueron bastante parecidos, esto se corresponde con la demanda de agua que tiene cada método considerado. Para los 126 a los 131 DDT se adicionó 30 min para cada método con la finalidad de realizar un lavado de sales.

Tabla 4.4. Tiempos de riego promedios semanales (min).

DDT	Tina	Balance	Radiación	DDT	Tina	Balance	Radiación	DDT	Tina	Balance	Radiación
47	10	15	7	138	15	13	23	229	27	28	53
54	10	15	9	145	19	15	28	236	26	28	55
61	12	15	13	152	25	24	43	243	27	29	53
68	15	16	15	159	28	25	44	250	24	25	55
75	15	18	16	166	27	24	43	257	25	19	51
82	21	21	22	173	32	29	53	264	28	20	52
89	24	24	26	180	24	22	42	271	25	23	43
96	23	23	28	187	30	30	52	278	35	32	44
103	22	24	28	194	31	28	52	285	32	28	41
110	23	22	32	201	21	17	38	292	30	30	30
117	16	15	23	208	33	31	59	299	30	30	30
124	28	26	40	215	27	29	51	306	30	30	30
131	48	50	59	222	24	25	45	310	30	30	30

Tabla 4.5. Tiempos de riego (min).

	Balance	Tina	Radiación
Prom. (min)	24,24	24,94	37,43
Máx. (min)	59	56	71
Mín. (min)	7	6	5

El método del Balance es la aplicación de agua que refleja en forma más exacta la demanda del cultivo y por ende existe poco drenaje. Como se monitoreaba diariamente la concentración de sales, a través de la conductividad eléctrica del agua de drenaje, se observó que esta concentración iba aumentando con el tiempo, por lo cual se consideró necesario adicionar, a partir del día 174 después del trasplante, un 30 % del agua requerida por el método, como requerimiento de lavado. A partir del día 284 después del trasplante se aplicó un riego constante de 30 min igual para los tres métodos.

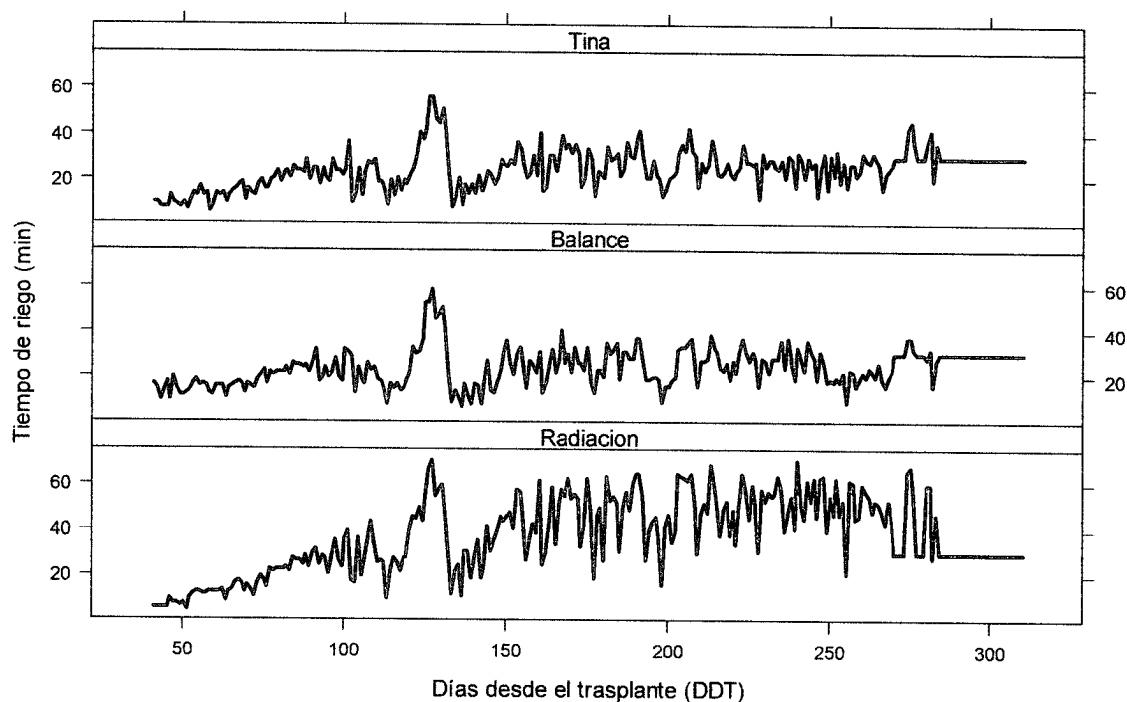


Figura 4.12. Tiempos de riego en minutos.

4.7.2. Volumen aplicado por unidad de área

El volumen de agua aplicada durante la investigación para cada método se muestra en la Figura 4.13, los valores obtenidos fueron: Balance alcanzó un valor de $327,300 \text{ l/m}^2$, Tina $336,75 \text{ l/m}^2$ y Radiación $505,300 \text{ l/m}^2$. El volumen aplicado por el método de Radiación fue 50 % mayor comparado con los volúmenes aplicados por los métodos de Tina y Balance, mientras que la diferencia entre los volúmenes aplicados por Tina y Balance fue del 3 %.

En la Tabla 4.6 se muestran los valores promedios, máximos y mínimos de las cantidades diarias de agua aplicadas para cada uno de los métodos, donde se observa claramente que los valores de Balance y Tina dentro del invernadero son muy parecidos en comparación con los valores obtenidos por el método de Radiación adaptado a invernaderos.

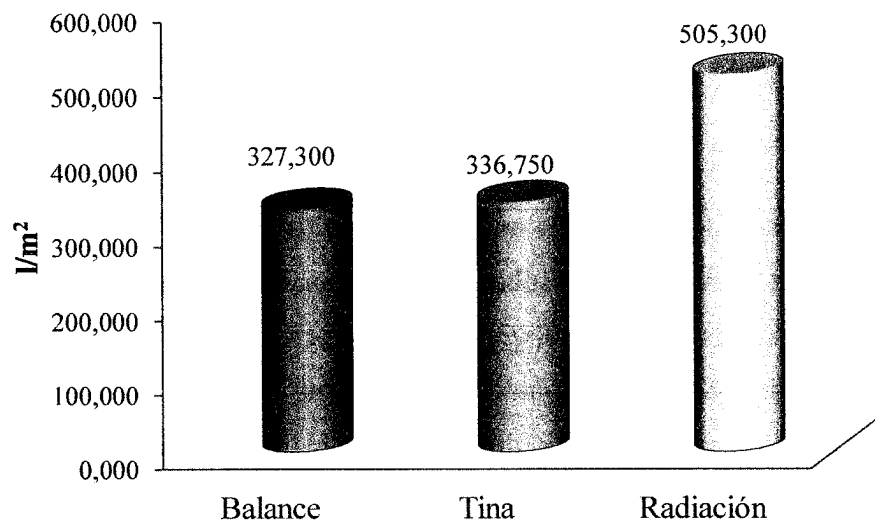


Figura 4.13. Volumen total aplicado por unidad de área.

Tabla 4.6. Volúmenes diarios promedios, máximos y mínimos aplicados por m² de invernadero.

	Balance	Tina	Radiación
Prom (l/m ²)	1,212	1,247	1,871
Máx (l/m ²)	2,950	2,800	3,550
Mín (l/m ²)	0,350	0,300	0,250

4.7.3. Fertirrigación

En los sistemas de riego localizado de alta frecuencia, la fertilización y el agua se realizan conjuntamente, denominando a todo proceso el nombre de “fertirrigación”, donde los factores de producción, agua y fertilizantes deben estar equilibrados y manejados adecuadamente para obtener la máxima eficiencia. (Rázuri, 2003).

En la Tabla 4.7 se presentan las cantidades totales de fertilizantes usados en el cultivo de pimentón, para un total de 504 plantas y una superficie de 162 m².

Tabla 4.7. Cantidad total de fertilizantes utilizados.

13-40-13 (kg)	15-5-30 (kg)	Nitrato de Calcio (kg)
30,708	42,670	46,964

Con la finalidad de chequear la nutrición del cultivo a los 209 DDT se tomaron muestras de hojas en las plantas, donde los resultados fueron analizados por el Laboratorio de Suelos, Aguas, Abonos y Foliare (EDAFOFINCA) y se muestran en el Apéndice E-1. La Tabla 4.8 muestra los índices de referencia propuestos por Cadahía (2005) y Solórzano (2001) utilizados para realizar un fertigrama con la finalidad de ver el comportamiento de cada uno de los elementos, los resultados se muestran en la Figura 4.14, donde se observa que el fósforo superó en un 7 % los valores de la meta, y el N, K, Ca, estuvieron entre un 2 al 8% en alcanzar la meta, con respecto a los microelementos se excedió su aplicación con respecto a la meta. Es importante realizar un análisis específico para saber cómo influyen los altos contenidos de micronutrientes sobre el cultivo.

Tabla 4.8. Índices de referencia para pimentón.

Cadahía	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
	4,3-4,6	> 0,2	4,6-4,9	2,4-2,7	0,8-0,9
Solórzano	S (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
	0,2	45	4	26	33

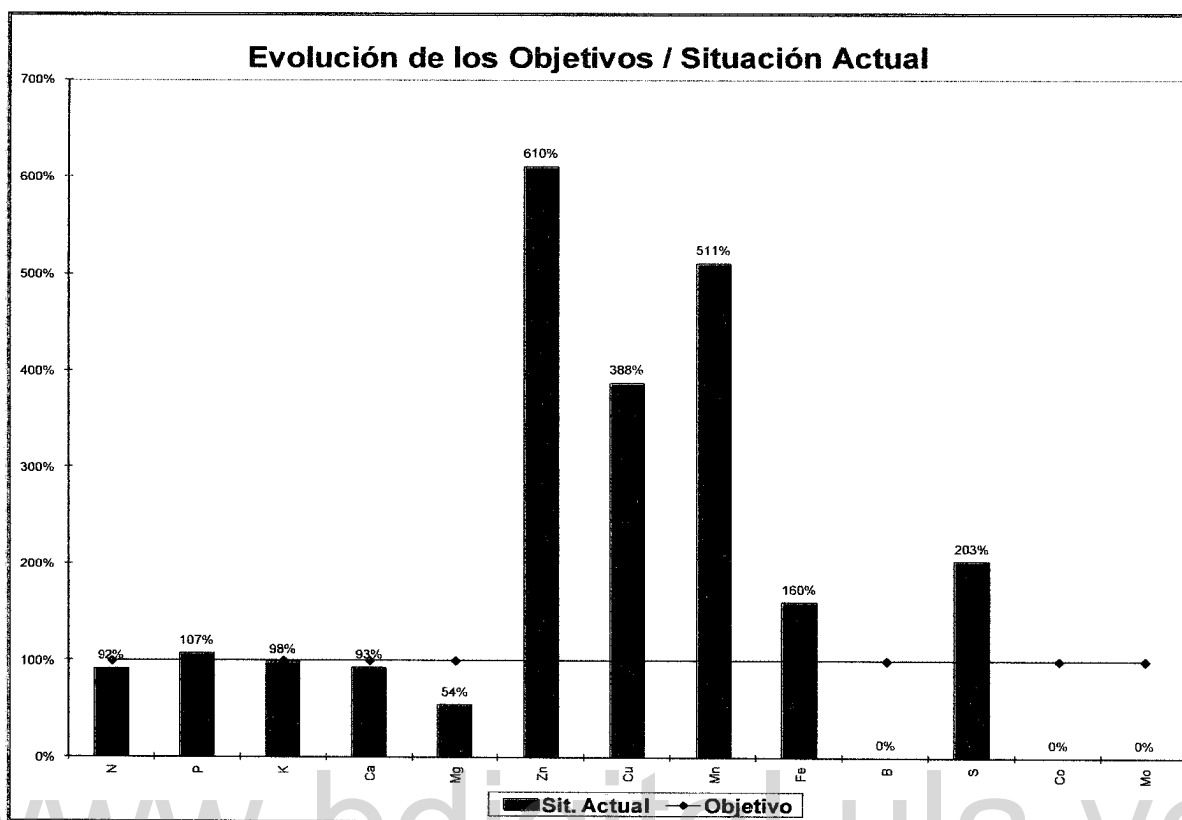


Figura 4.14. Resultados del análisis foliar.

4.7.4. Salinidad

Como se ha mencionado anteriormente, las sales en cantidades excesivas en el suelo impiden la absorción de agua por las plantas, cambian la absorción de nutrientes y en algunos casos poseen efectos de toxicidad de alguno de los elementos, como por ejemplo el boro, Grattan *et al.* (1993).

Por otro lado los altos contenidos de humedad en el suelo mantienen un bajo nivel de oxígeno, y éste en el suelo saturado proporciona cambios químicos y bacteriales, Sifarm (2004) es por ello que el contenido de humedad en el sustrato debe ser el óptimo para no provocar afecciones por sales ni reducir los niveles de oxígeno en la rizósfera del cultivo.

Por cada método se tomaron muestras de CE y pH del agua drenada, las Figura 4.15 y 4.16 muestran el comportamiento para cada uno de los métodos, donde se observa que los valores obtenidos de CE del lixiviado por el método de Tina fueron elevados, esto fue causa de no aplicar una lámina adicional de lavado. Los días donde se presentan valores de CE y pH del lixiviado fueron donde no hubo registro de drenaje en las plantas seleccionadas. Con la finalidad de verificar la concentración de sales en el sustrato donde se desarrollan las raíces, se tomaron varias muestras al alzar para verificar el estado radical del cultivo donde se tomaron valores de pH y conductividad a 10 y 15 cm de profundidad, estos valores indican muy claramente que no hubo problemas de salinidad en la zona de raíces, como se muestra en la Tabla 4.9.

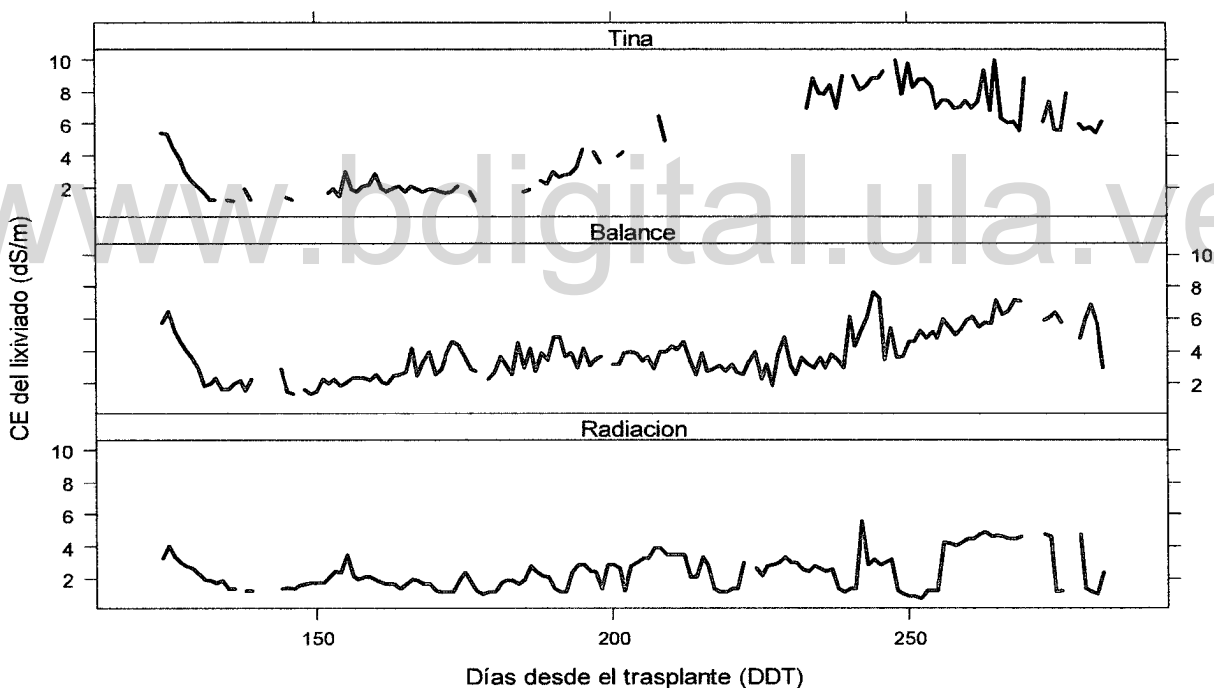


Figura 4.15. Conductividad eléctrica del lixiviado, en (dS/m).

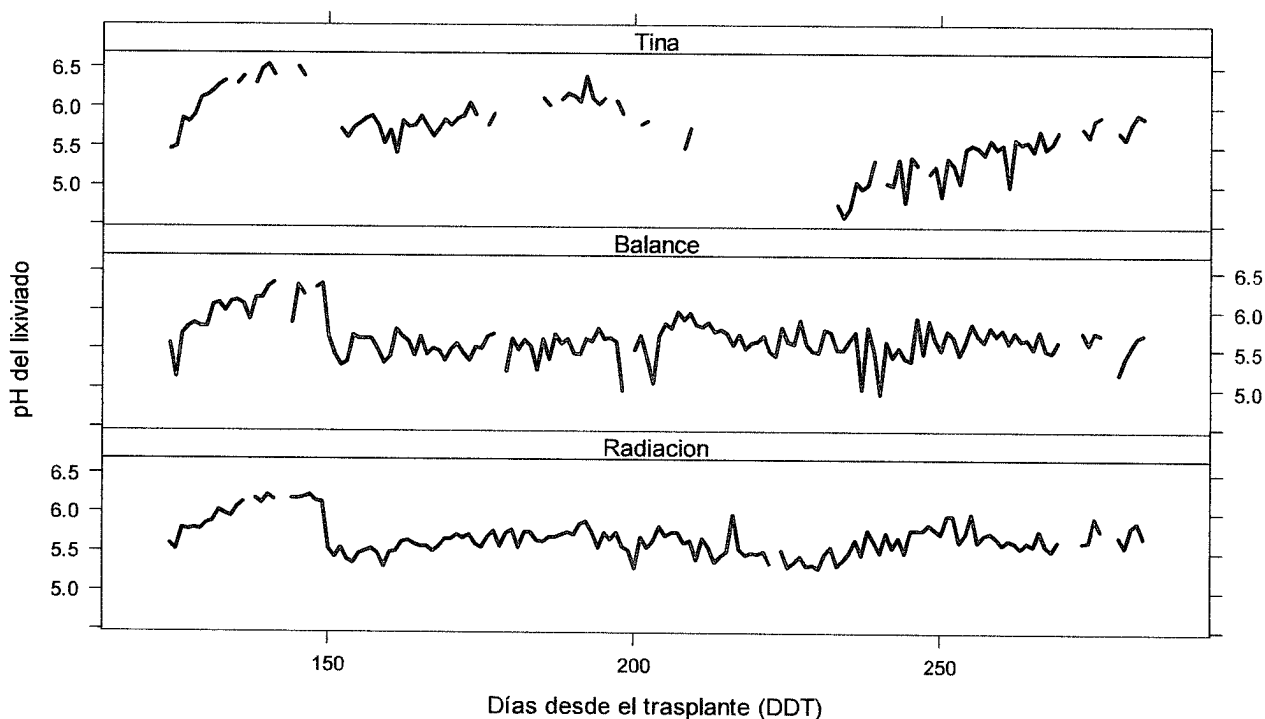


Figura 4.16. pH del lixiviado, para cada uno de los métodos considerados.

Tabla 4.9. Valores conductividad eléctrica y pH del sustrato, a una relación de 1:1, medidos a diferentes profundidades.

Prof. (cm)	CE (dS/m)	pH
10cm	0,577	4,41
15cm	0,871	4,59

4.7.5. Potenciales hídricos en la planta

El agua en el continuo suelo-planta-atmósfera se mueve a favor de un gradiente de potencial hídrico, de mayor a menor potencial. En ausencia de transpiración, el potencial hídrico de una planta tiende a equilibrarse con el potencial hídrico del suelo. Si el suelo tiene buena disponibilidad de agua, la planta se estabilizará en un potencial hídrico cercano a cero. Mientras que si el suelo tiene bajo contenido de agua, su potencial será más negativo, y en consecuencia la planta se equilibrará en potenciales menores. (María, F. y Javier, G., 2010).

El comportamiento de los potenciales hídricos promedios en la planta, medidos a primeras horas de la mañana antes de realizar el primer riego, se muestra en la Figura 4.17, donde se observa que los valores para el híbrido P1216 se mantienen alrededor de $-0,71$ MPa y son similares entre tratamientos, lo mismo ocurrió para el híbrido Red Jewel F1 donde los tratamientos se mantuvieron alrededor de $-0,81$ MPa.

Los potenciales hídricos medidos en horas de medio día (Figura 4.18) ya se hacen un poco más negativos, pero igual siguen con valores muy similares entre híbridos y tratamientos. Es importante acotar que los potenciales medidos en horas de la mañana y en horas del medio día van a presentar valores similares entre los tratamientos pero con tendencia a ser un poco más negativos en horas del medio día. También es importante describir el comportamiento de cada híbrido, donde el Red Jewel F1 presenta valores de potenciales hídricos más negativos, es decir que cada cultivar tiene diferente comportamiento con las diferentes láminas de agua aplicadas.

Jaimez *et al.* (2005) obtuvo valores de potenciales hídricos para tres híbridos de pimentón bajo invernadero, para días soleados oscilaron entre $-0,53$ y $-0,59$ MPa para la mañana; $-1,35$ y $-1,38$ MPa para medio día, mientras que en días nublados obtuvo valores entre $-1,10$ y $-1,20$ MPa medidos en la mañana y en horas del medio día.

Aloni *et al.* (1991) menciona que el cierre estomático total en el cultivo de pimentón es a partir del valor $-1,5$ MPa, es decir que las cantidades de agua aplicadas por cada método evitó el cierre estomático en los híbridos, debido a que cada uno mantuvo un buen estatus hídrico en el cultivo.

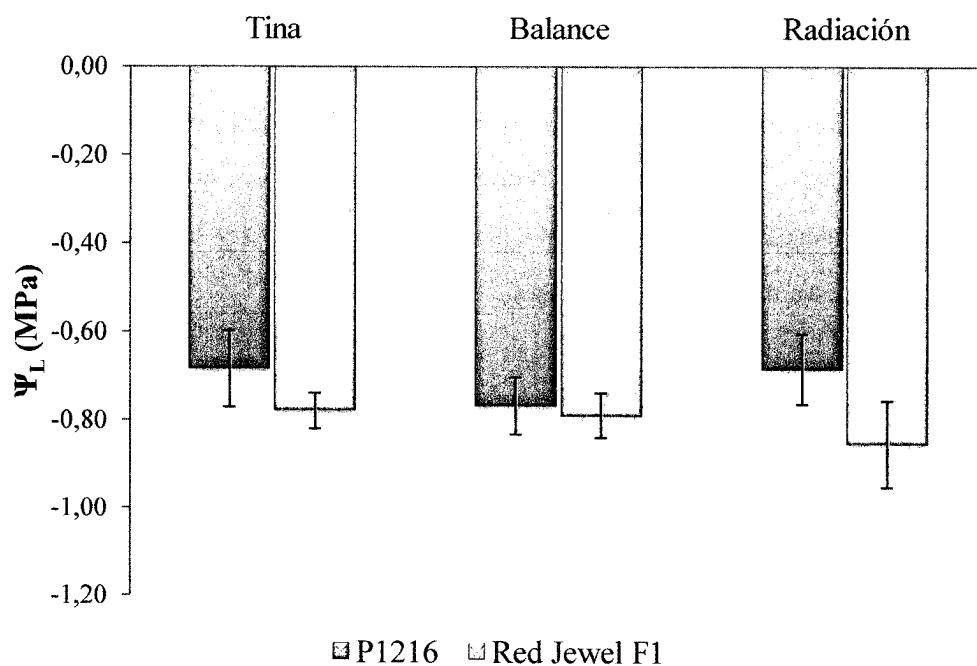


Figura 4.17. Potenciales hídricos promedios en la planta (Ψ_L), medidos a primeras horas de la mañana. Las líneas sobre la barra representan el error estándar de cada promedio.

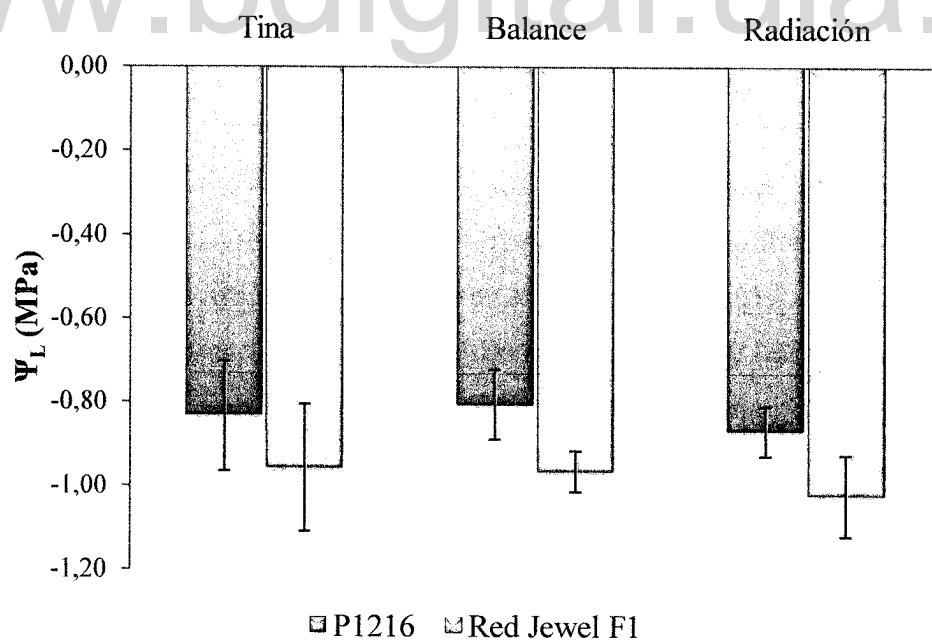


Figura 4.18. Potenciales hídricos promedios en la planta (Ψ_L), medidos en horas del medio día. Las líneas sobre la barra representan el error estándar de cada promedio.

4.7.6. Intercambio de gases

Las hojas de las plantas son los órganos vegetales relacionado con el intercambio gaseoso. Las hojas tienen varias funciones como respiración, transpiración y fotosíntesis. (Gracia, G., 2004). Las plantas intercambian oxígeno y CO₂ con la atmósfera y los estomas son los que se encargan de realizar este intercambio de gases.

En la Tabla 4.10 se muestran los valores medidos de intercambio de gases en dos cultivares de pimentón para diferentes días después del trasplante DDT; las mediciones se iniciaban a las 10 de la mañana, cancelando el segundo riego. Se observa que con valores entre 784 y 1195 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de densidad de flujo de fotones (DFF) se obtuvieron diferencias de asimilación de CO₂ (A) entre los métodos (12,34 y 17,00 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente), siendo el método de Radiación el que obtuvo buenas tasas de asimilación. Pezeshki y Sundstrom (1988) encontraron tasas de asimilación de 14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para un DFF de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ mientras Jaimez *et al.* (2005) reportaron valores de A entre 19 y 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, para DFF de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para tres híbridos de pimentón; Patiño (2012) obtuvo tasas de asimilación de 14,55 y 15,20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en cultivo de pimentón.

En cuanto a las tasas de transpiración y conductancia estomática (g_s), se observa que su relación varía de acuerdo a la fecha de observación. Las mayores tasas transpiratorias y mayor conductancia estomática (g_s), se encontraron en el método de Radiación; sin embargo, en los 108 DDT para el híbrido Red Jewel F1 se encontró mayor tasa de transpiración por Radiación pero menor conductancia estomática, lo mismo pasó en el híbrido P1216, para los días 178 y 188 después del trasplante; sin embargo, no difiere entre los métodos de Tina y Balance. Mientras que los valores de eficiencia del uso de agua (EUA) indican que a menor cantidad de agua existe una mayor eficiencia en el uso del agua.

La Figura 4.19 muestra el comportamiento de cada uno de las variables medidas. Por otro lado las Figuras 4.20 y 4.21 muestran que el comportamiento de las tasas de asimilación de CO₂ no varía a pesar del incremento de la lámina de agua.

Tabla 4.10. Intercambios de gases medidos en dos híbridos de pimentón. Densidad de flujo de fotones DFF ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), asimilación de CO₂ A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiración E ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), conductancia estomática g_s ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y eficiencia del uso de agua EUA (mmol mol^{-1}).

Red Jewel															
	Tina					Balance					Radiación				
DDT	DFF	A	E	gs	EUA	DFF	A	E	gs	EUA	DFF	A	E	Gs	EUA
86	904	14,82	5,66	321,94	2,87	1030	14,40	4,98	240,00	3,02	1077	15,00	6,36	340,56	2,55
108	894	14,90	6,21	525,56	2,46	978	15,01	5,80	432,22	2,61	1078	16,15	6,72	421,67	2,47
178	973	12,40	5,11	378,33	2,85	1098	14,85	5,55	356,67	2,75	1064	16,24	5,83	412,50	2,83
188	900	14,85	5,82	448,33	3,01	1041	15,36	5,70	450,28	3,07	1049	16,80	6,28	531,11	2,86
Prom.	917,75	14,24	5,70	418,54	2,80	1036,75	14,90	5,51	369,79	2,86	1067,00	16,05	6,30	426,46	2,68
P1216															
86	916	14,20	6,35	378,61	2,29	922	16,32	5,65	340,00	2,99	1123	15,61	6,73	420,00	2,42
108	784	12,34	5,53	416,11	2,21	1009	15,26	5,75	416,11	2,76	1195	17,00	6,57	440,56	2,59
178	926	12,54	5,56	489,17	2,52	1096	15,65	5,56	390,00	2,95	1004	15,38	5,88	409,72	2,63
188	905	13,84	5,87	457,50	2,96	1034	16,45	6,11	476,11	3,04	1084	15,43	6,18	424,17	2,61
Prom.	882,75	13,23	5,83	435,35	2,50	1015,25	15,92	5,77	405,56	2,94	1101,50	15,85	6,34	423,61	2,56

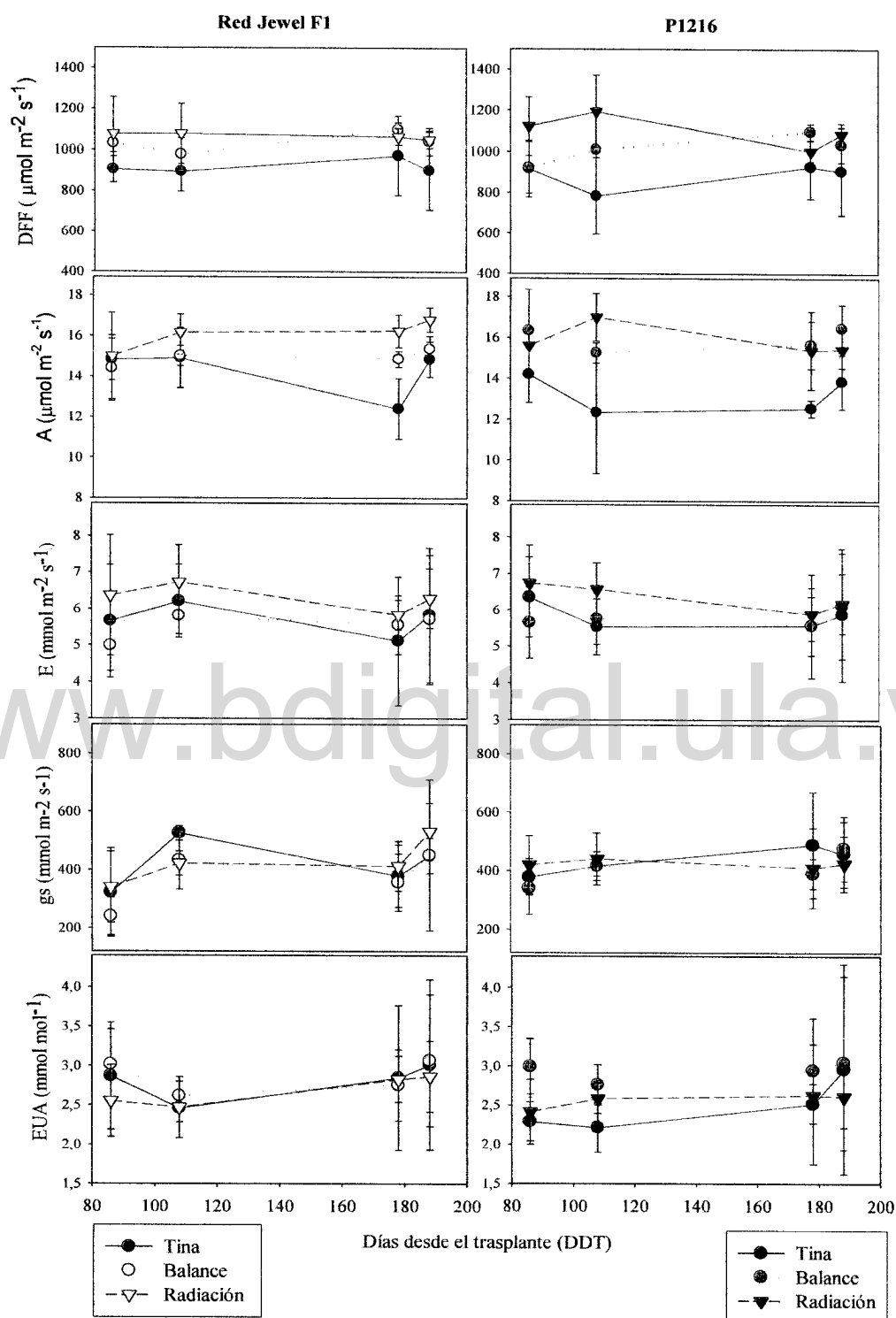


Figura 4.19. Intercambio de gases. Densidad de flujo de fotones DFF, tasa de asimilación de CO_2 (A), tasas de transpiración (E), conductancia estomática (g_s), y eficiencia del uso del agua (EUA) de los híbridos Red Jewel F1 y P1216.

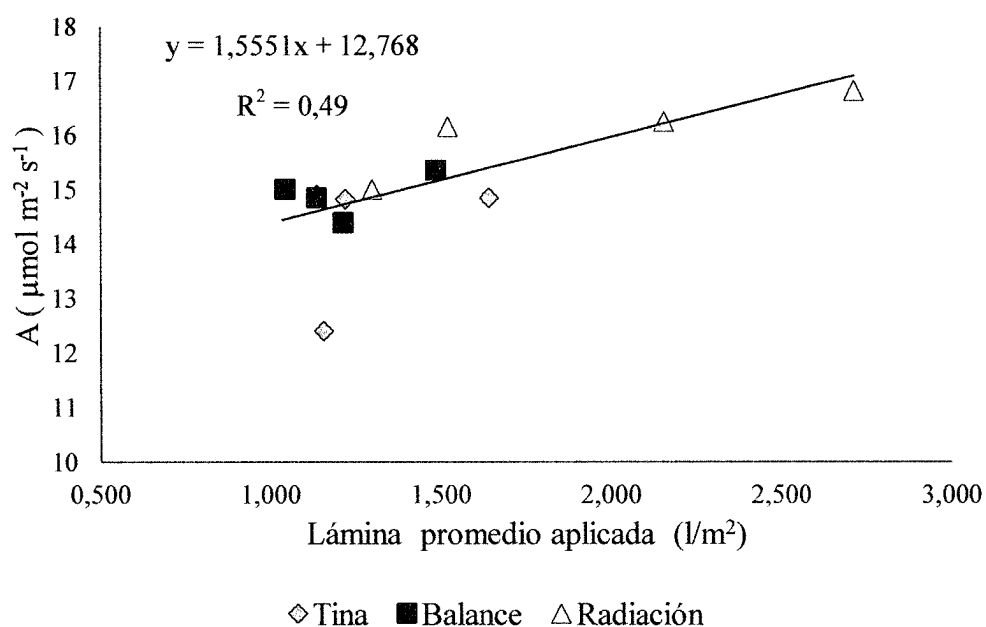


Figura 4.20. Relación de la lámina promedio aplicada con la asimilación de CO_2 , para el híbrido Red Jewel F1.

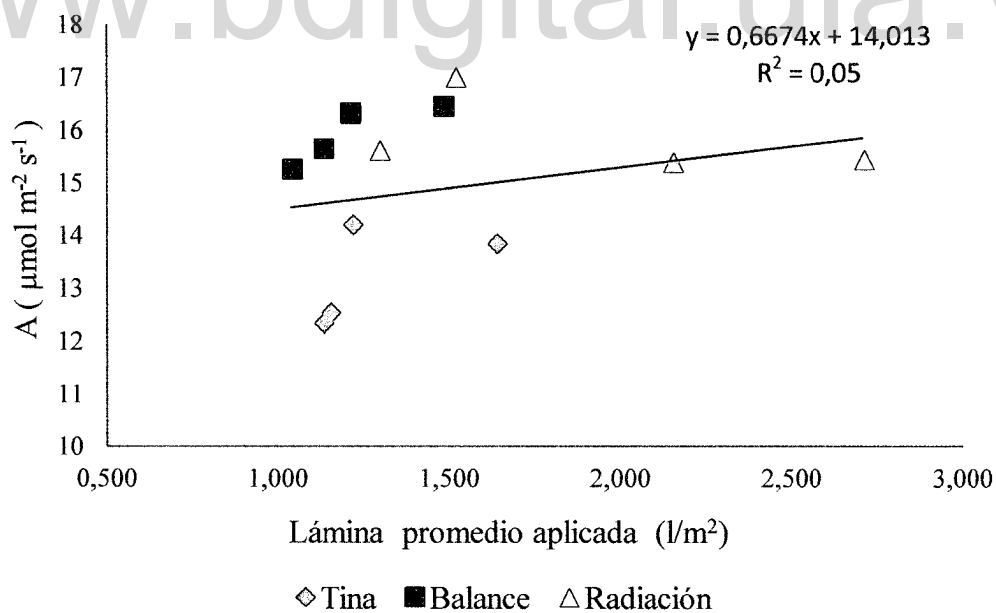


Figura 4.21. Relación de la lámina promedio aplicada con la asimilación de CO_2 , para el híbrido P1216.

4.8. Variables morfológicas y componentes de rendimiento

4.8.1. Rendimiento

La producción por unidad de superficie se presenta en la Tabla 4.11 y en la Figura 4.22. El mejor rendimiento lo obtuvo el método de Radiación para el híbrido P1216, con un valor de 9,07 kg/m², siendo mayor en 9 % con relación a la Tina y un 14,38 % en relación con el método de Balance. También se puede observar que los rendimientos obtenidos por m² de invernadero para el híbrido P1216 fueron mayores en 15 % con respecto al híbrido Red Jewel F1.

Es importante acotar que el mecanismo de adaptación del híbrido P1216 para las condiciones existentes en el área de estudio fue mucho mejor que el del híbrido Red Jewel F1. En la Figura 4.23 se muestra el comportamiento de la producción por cosecha en kg/m², para cada híbrido y tratamiento, en ella se observa que al principio se obtuvo picos de producción, este pico de producción es debido a que los frutos que se formaron en la horqueta llegaron a pesar más de 300 gramos. Además se observa que el comportamiento de la producción se mantuvo más o menos uniforme con respecto al tiempo. La Figura 4.24 muestra la producción acumulada. Es importante mencionar que Patiño (2012) obtuvo resultados similares en producción.

Tabla 4.11. Rendimiento por cada híbrido y tratamiento.

Rel Jewel F1												
	Tina				Balance				Radiación			
	I	II	III	Prom	I	II	III	Prom	I	II	III	Prom
kg/planta	2,37	2,37	2,50	2,41	2,47	2,37	2,47	2,43	2,45	2,37	2,51	2,44
kg/m2	7,11	7,11	7,51	7,24	7,40	7,10	7,40	7,30	7,35	7,10	7,53	7,33
P1216												
kg/planta	2,55	2,92	2,84	2,77	2,49	2,81	2,63	2,64	2,89	3,40	3,23	3,02
kg/m2	7,65	8,77	8,53	8,32	7,47	8,42	7,89	7,93	8,67	10,19	9,69	9,07

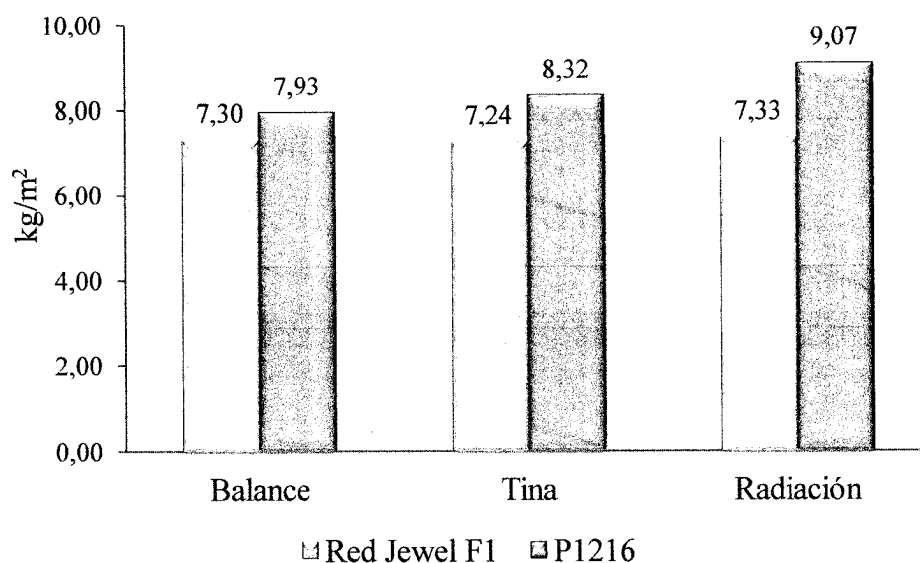


Figura 4.22. Comportamiento de la producción promedio por híbridos y tratamientos, expresado en kg/m^2 de invernadero.

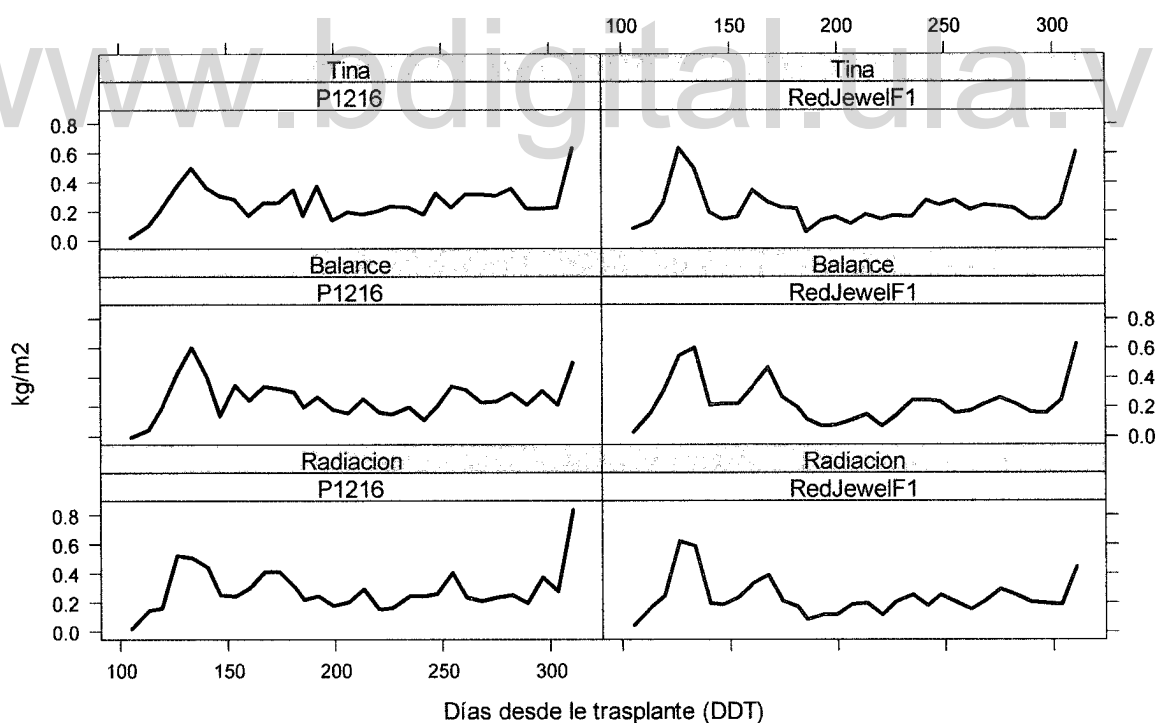


Figura 4.23. Comportamiento de la producción para cada híbrido y tratamiento, expresada en kg/m^2 de invernadero.

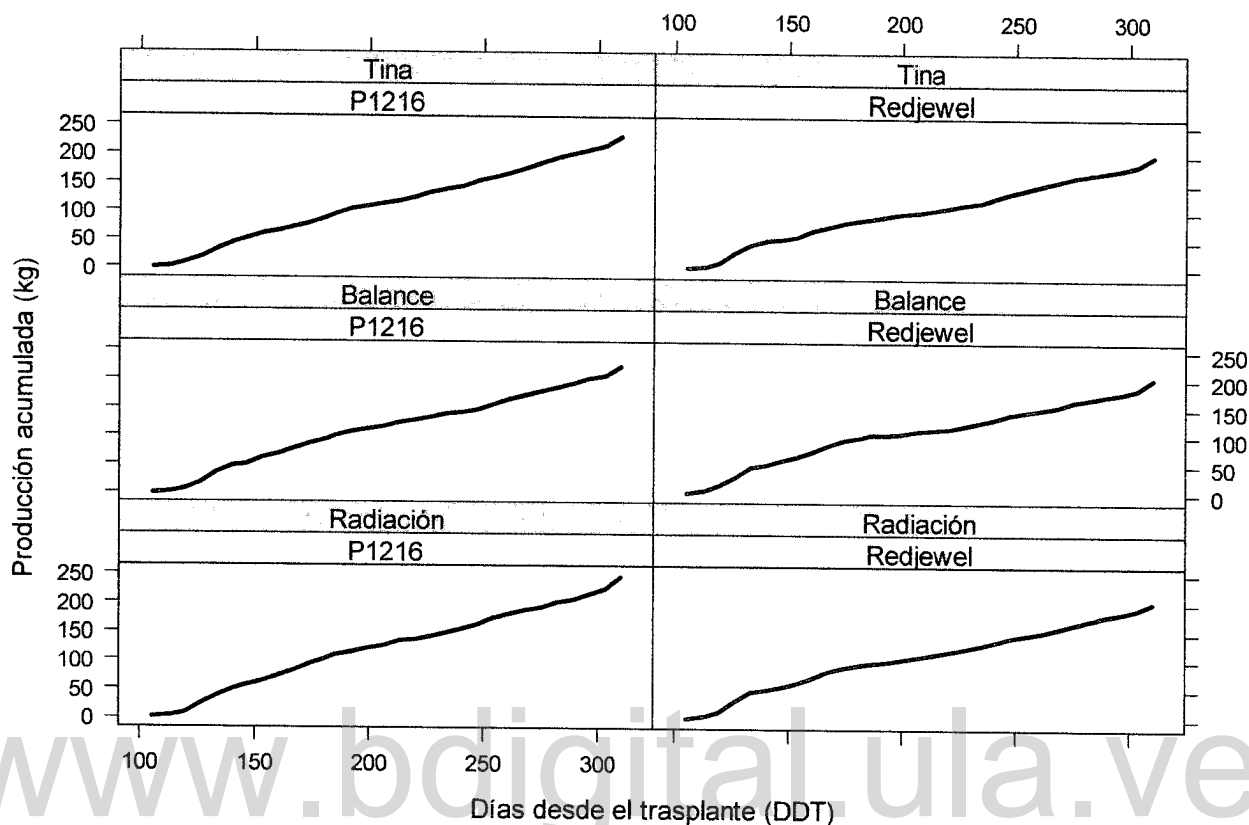


Figura 4.24. Producción acumulada, expresada en kg.

Se realizó un análisis de la productividad del agua o uso eficiente del agua presentados en la Tabla 4.12. Los valores oscilaron entre 14,51 y 22,30 kg/m³ en el Red Jewel F1 y entre 17,95 y 24,71 kg/m³ en el P1216, pudiendo observar que la eficiencia del uso del agua fue mayor en los tratamientos de Tina y Balance, debido a los menores aportes de agua realizados que por el método de Radicación y, a que sus producciones fueron muy similares. Estudios realizados por Fernández *et al.*, 2012, señalan que los valores de eficiencia del uso del agua en pimentón bajo invernadero son: Otoño-Invierno 21,0 kg/m³ y Otoño-Primavera 16,9 kg/m³.

Rodríguez (2010) obtuvo valores en el cultivo de pimentón en campo abierto, de 12,01 kg /m³, para frecuencias de riego de 1 día. Este valor es menor a los obtenidos dentro del invernadero, lo que corrobora lo expresado por Gallardo *et al.*, (2007) que dice que la

productividad del agua de los cultivos hortícolas es considerablemente más elevada que las de los cultivos al aire libre debido al clima dentro del invernadero que reduce la demanda evaporativa y a sus mayores rendimientos.

Tabla 4.12. Relación del uso eficiente del agua en kg/m^3 .

Método	Red Jewel F1	P1216
Tina	21,50	24,71
Balance	22,30	24,23
Radiación	14,51	17,95

4.8.2. Relación entre las láminas aplicadas y los rendimientos obtenidos

La relación obtenida entre lámina aplicada y rendimiento para el híbrido Red Jewel F1, que se presenta en la Figura 4.25, muestra que los métodos de Balance y Tina fueron los que consumieron menos cantidad de agua en comparación con el método de Radiación dando como resultado aproximadamente igual producción. Mientras que la Figura 4.26 del híbrido P1216, muestra que la mayor producción la obtuvo el método de Radiación, pero con la mayor cantidad de agua aplicada.

4.8.3. Diámetro polar y ecuatorial

La Figura 4.27 se observa que el método de Radiación obtuvo el mayor valor en diámetro polar para el híbrido Red Jewel F1, mientras que para el híbrido P1216, Tina y Radiación fueron iguales. En cuanto al diámetro ecuatorial el comportamiento entre tratamientos fue muy similar tanto para el híbrido Red Jewel F1 como para el híbrido P1216 como lo presenta la Figura 4.28.

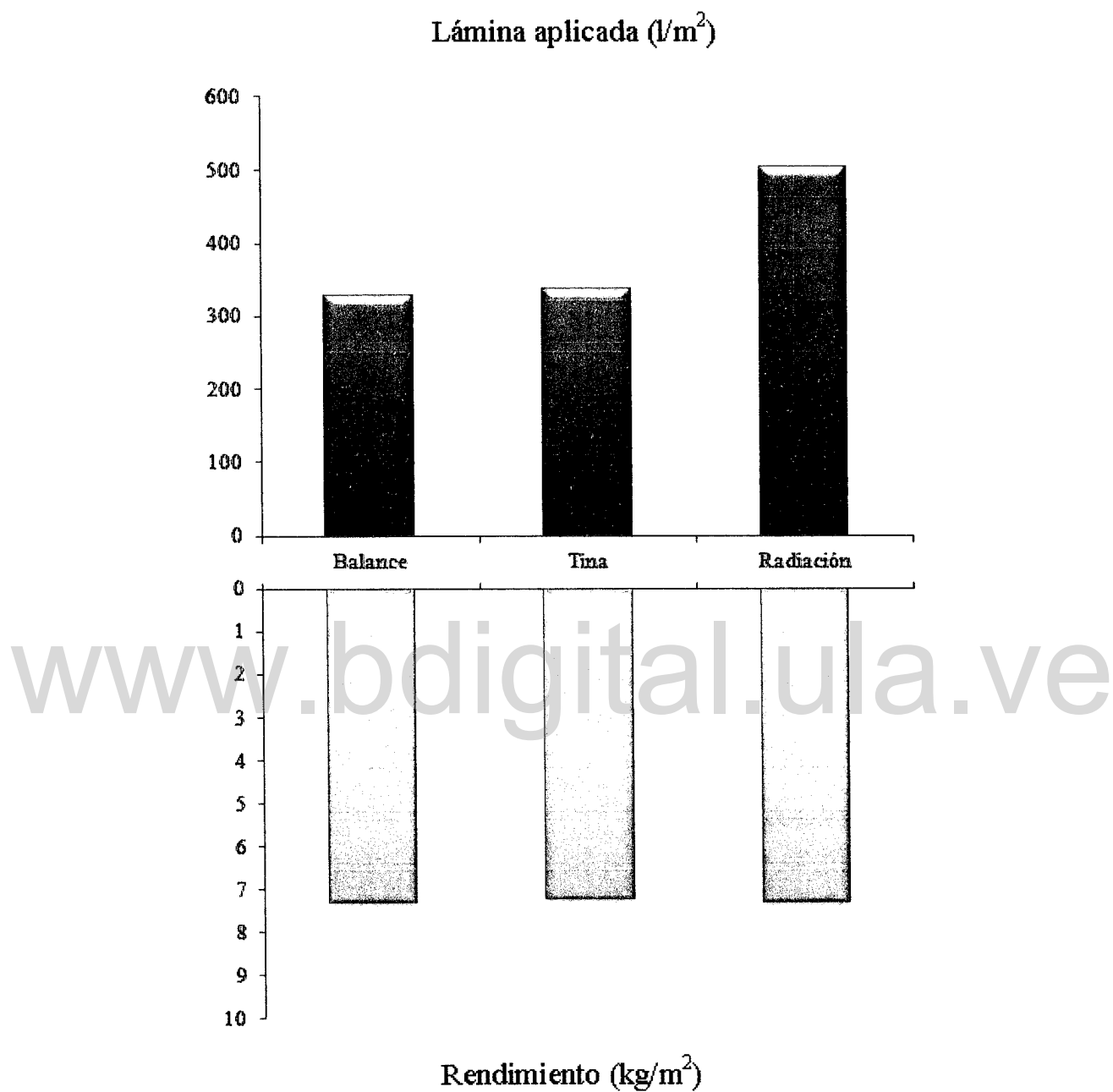


Figura 4.25. Lámina de riego aplicada vs rendimiento obtenido para el híbrido Red Jewel F1.

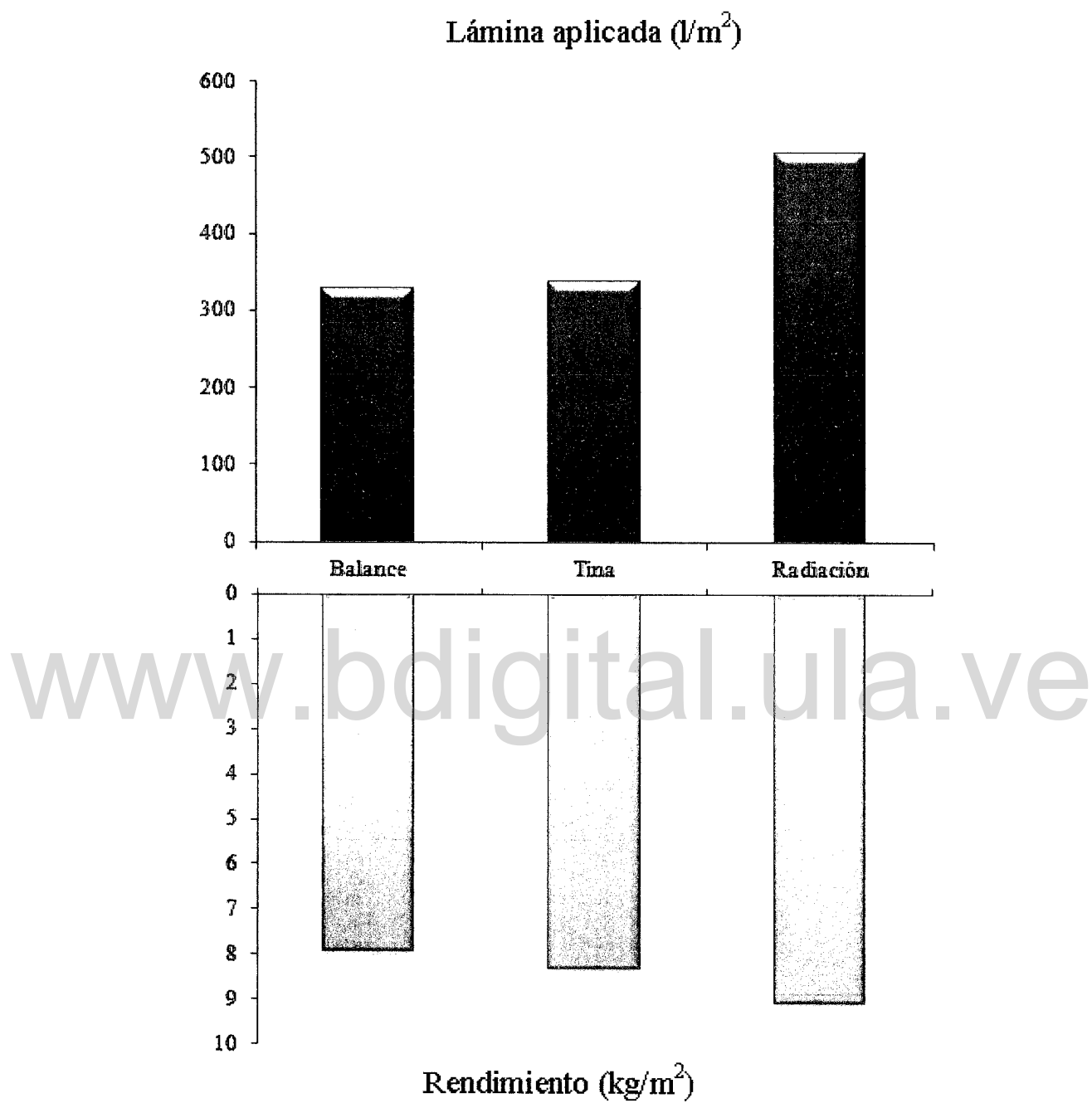


Figura 4.26. Lámina de riego aplicada vs rendimiento obtenido para el híbrido P1216.

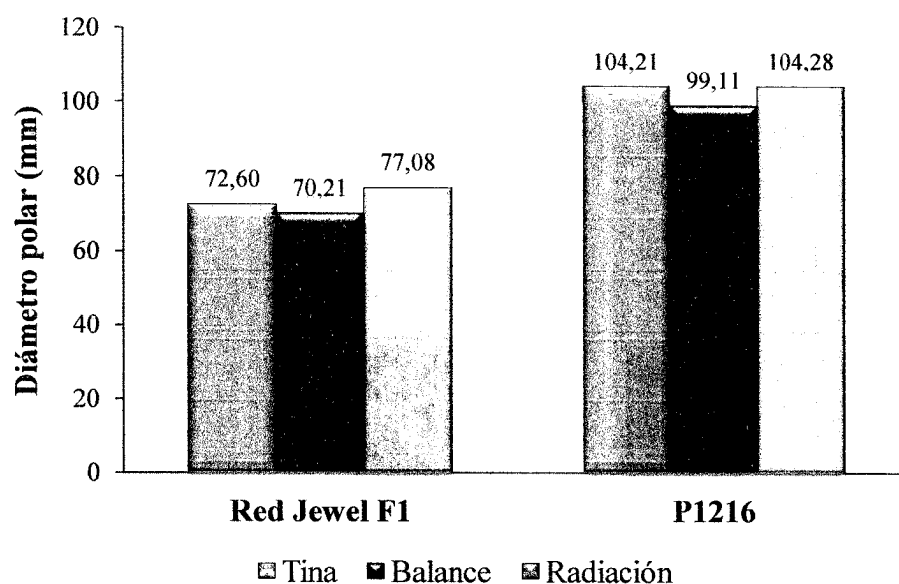


Figura 4.27. Diámetro polar promedio en frutos para cada híbrido y tratamiento.

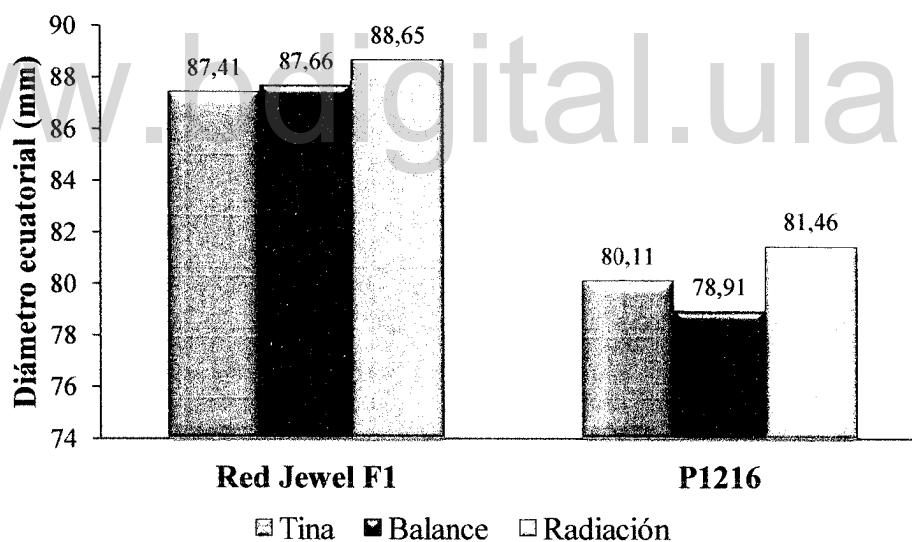


Figura 4.28. Diámetro ecuatorial promedio en frutos para cada híbrido y tratamiento.

4.8.4. Número de frutos

En cada cosecha efectuada se contabilizaron el número total de frutos agrupándolos de acuerdo a su tamaño en: grandes (≥ 200 g), medianos (≥ 100 ; < 200 g) y pequeños (< 100 g). La

Figura 4.29 muestra el comportamiento de los tratamientos en el híbrido Red Jewel F1, donde se puede determinar que la producción de frutos grandes, medianos y pequeños fue muy similar entre los métodos. Lo mismo ocurrió para el híbrido P1216 (Figura 4.30).

El mayor porcentaje de frutos fueron de tamaño mediano, con una diferencia mayor al 30 % para el híbrido Red Jewel F1 y mayor al 23 % para el híbrido P1216 en comparación con los de tamaño grandes y pequeños. Patiño, A. (2012) obtuvo el mayor porcentaje de frutos para la clase de 100 a 200 gramos.

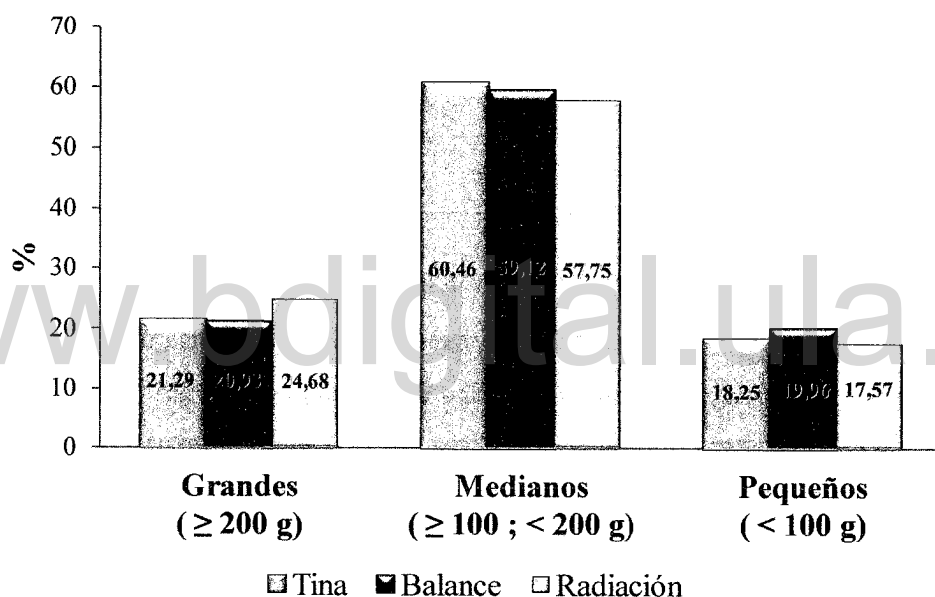


Figura 4.29. Porcentaje total de frutos, para el híbrido Red Jewel F1.

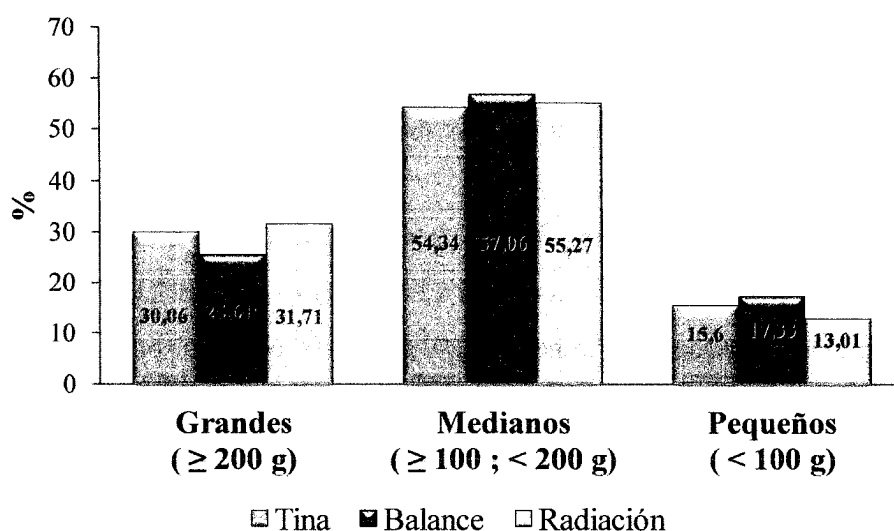


Figura 4.30. Porcentaje total de frutos, para el híbrido P1216.

4.8.5. Peso de frutos

El peso promedio total de frutos según la clasificación por tamaño, para cada híbrido, se muestra en las Figuras 4.31 y 4.32, donde se observa que el comportamiento de pesos entre los métodos fue similar. Los mayores pesos obtenidos fueron para el híbrido P1216.

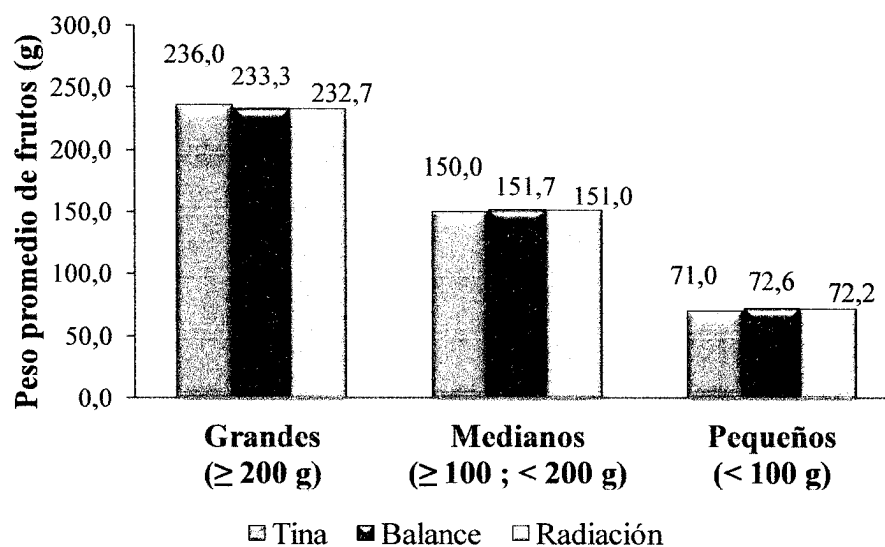


Figura 4.31. Peso promedio de frutos para el híbrido Red Jewel F1.

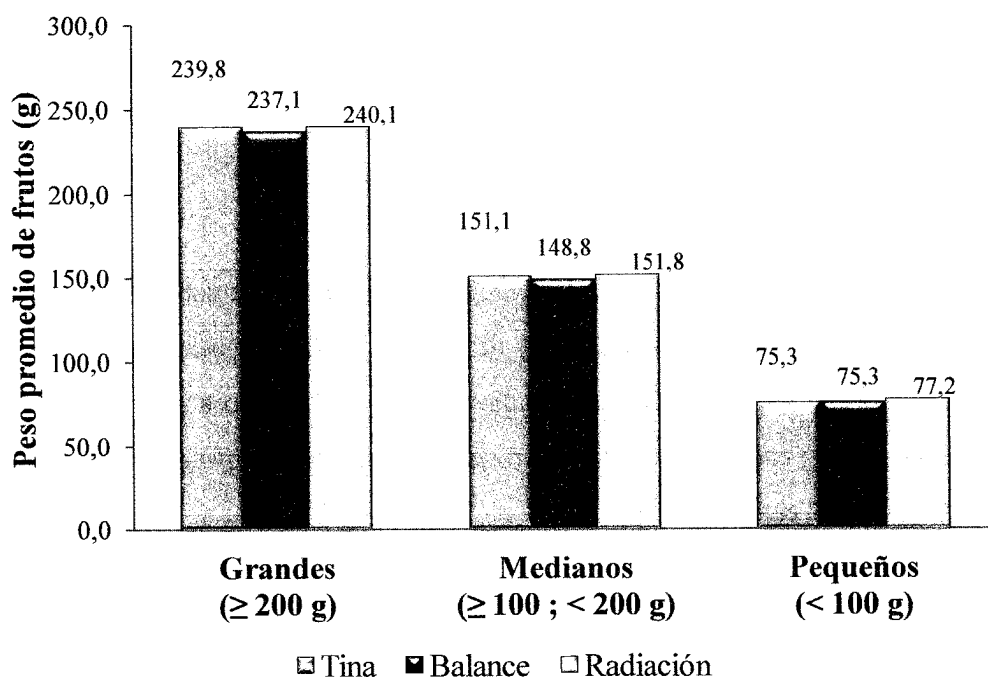


Figura 4.32. Peso promedio de frutos para el híbrido P1216.

4.8.6. Altura de la planta y diámetro del tallo

Los valores promedios de altura de la planta y diámetro del tallo, medidos en diferentes fechas del ciclo del cultivo se presentan en las Tablas 4.13 y 4.14 se muestran los valores promedios de altura de la planta y diámetro del tallo, medidos en diferentes fechas del ciclo del cultivo.

En la Figura 4.33 se muestra la dinámica de crecimiento de la planta en cada híbrido y cada tratamiento, donde los máximos crecimientos de la planta los obtuvo el híbrido P1216, dando una mejor respuesta de crecimiento de la planta el método del Balance. También se puede observar que hubo una disminución del crecimiento en las plantas, en ambos híbridos entre los 111 y 149 DDT. Reche (2010) indica que si la temperatura desciende por debajo de 15°C disminuye su crecimiento y se paraliza cuando es menor de 10°C. La temperatura óptima para el crecimiento oscila entre 20°C y 25°C. En los primeros meses del año se obtuvieron temperaturas mínimas por debajo de 10°C; sin embargo, al inicio el crecimiento fue importante y constante.

Verlody (1990) establece un umbral de las temperaturas mínimas nocturnas entre 15 y 18,5 °C, para diferentes cultivos dentro de ellos se encuentra el pimentón, por debajo de estas temperaturas es necesario aportar calor dentro del invernadero para el buen desarrollo de los cultivos.

Lorenzo, P. (2012) indica que el metabolismo de la planta está profundamente afectado por los cambios térmicos medioambientales y de manera global es complicado saber cómo incide la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo, debido a que intervienen diferentes procesos fisiológicos y cada uno de estos procesos tiene una temperatura óptima determinada, que es característico de cada especie.

Tabla 4.13. Altura de la planta en dos híbridos de pimentón.

ALTURA DE LA PLANTA (cm)						
Red Jewel F1				P1216		
DDT	Tina	Balance	Radiación	Tina	Balance	Radiación
15	16	16	15	17	17	17
28	25	26	22	24	25	24
43	31	32	32	32	32	32
56	59	60	57	59	59	57
72	70	70	70	68	70	68
84	75	80	78	75	79	76
111	80	87	87	84	89	86
129	82	88	90	89	91	89
149	84	90	95	93	97	93
179	96	97	108	109	107	102
193	101	104	114	115	114	109
209	109	112	122	125	125	118
235	118	123	132	137	139	131
253	125	130	137	144	146	140
274	129	136	142	152	154	148
287	133	140	146	158	160	152

Tabla 4.14. Diámetro del tallo medido en dos híbridos de pimentón.

DIÁMETRO DE TALLO (mm)						
Red Jewel F1				P1216		
DDT	Tina	Balance	Radiación	Tina	Balance	Radiación
15	4	4	3	3	3	3
28	6	6	5	6	5	5
43	9	9	8	8	8	8
56	11	11	10	10	10	10
72	11	12	11	11	11	11
84	12	12	11	12	12	12
111	12	13	12	13	13	12
129	13	13	13	13	13	13
149	13	14	13	14	14	13
179	14	14	14	14	14	14
193	14	15	14	15	15	14
209	14	15	14	15	15	15
235	14	15	15	15	15	15
253	15	15	15	16	15	15
274	15	15	15	16	16	15
287	15	16	15	16	16	15

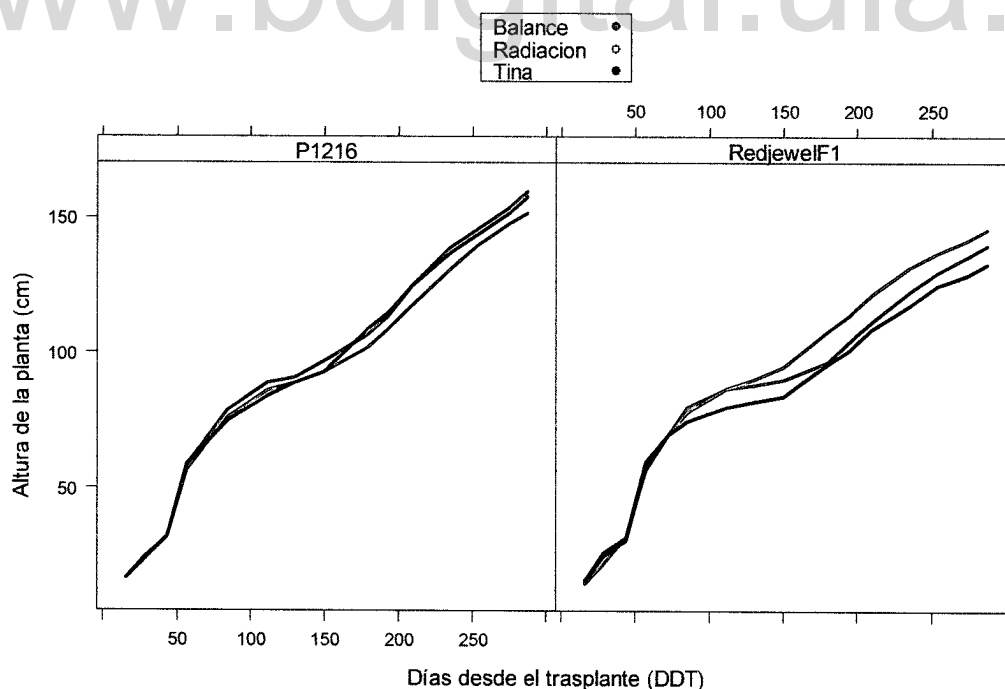


Figura 4.33. Altura de la planta para los dos híbridos P1216 y Red Jewel F1, expresado en cm.

4.9. Resultados del análisis estadístico

El diseño experimental de la investigación fue en parcelas divididas en bloques con arreglo completamente aleatorio con submuestreo con tres réplicas. Las parcelas principales fueron destinadas a los híbridos y la parcela secundaria a los tres métodos de estimación de la evapotranspiración del cultivo (Etc).

Los resultados fueron analizados mediante el software libre R y los análisis de datos se realizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA), con 5% de nivel de significancia.

4.9.1. Rendimiento

En la Tabla 4.15, se observan los resultados de cosecha donde se observa que solamente hubo diferencia significativa con el efecto tiempo, la Figura 4.34 nos presenta que la línea de tendencia del efecto tiempo sobre el rendimiento de cada híbrido y tratamiento no es diferente para cada combinación.

Tabla 4.15. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable cosecha (rendimiento total kg) en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

Fuentes de variación	Producción			
	numDF	denDF	F-value	p-value
ddt	1	464	18.9037	<.0001
hibrido	1	2	8.1261	0.1042
tratamiento	2	8	0.1232	0.8857
ddt:hibrido	1	464	0.4724	0.4922
ddt:tratamiento	2	464	1.4831	0.2280
hibrido:tratamiento	2	8	0.0542	0.9476
ddt:hibrido:tratamiento	2	464	0.3531	0.7027

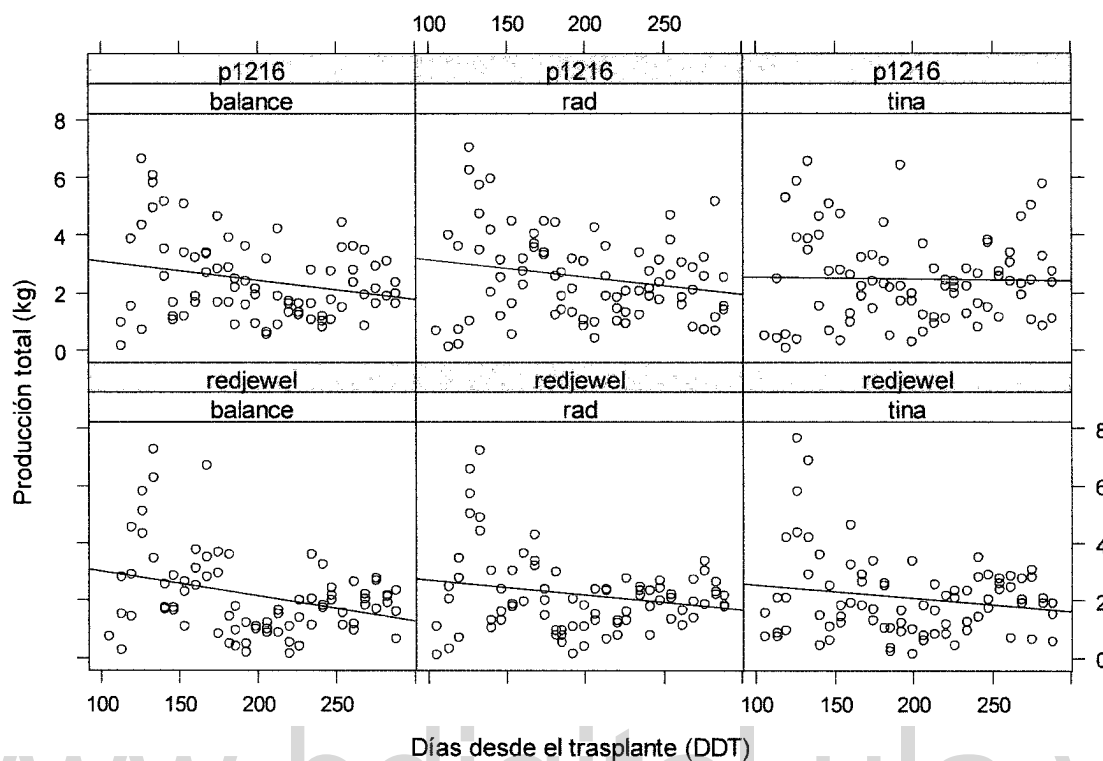


Figura 4.34. Tendencia del efecto tiempo sobre el rendimiento del cultivo.

4.9.2. Lámina vs producción

Se realizó un análisis estadístico a la relación de producción por m^2 de invernadero vs cantidad de agua aplicada por unidad de área, ajustándolo a través de un modelo de regresión simple. La Tabla 4.16 muestra los resultados obtenidos; dando diferencia significativa, igualmente muestra la prueba de medias de debido a que se presentó diferencia significativa entre híbridos. La Figura 4.35 muestra que el híbrido Red Jewel F1 no varía en su producción a pesar del incremento de la lámina de riego, mientras que para el híbrido P1216 se nota que es algo más sensible al incremento de la lámina aumentando así su producción (Figura 4.36).

Tabla 4.16. Análisis de varianza (ANOVA) para la relación producción vs lámina aplicada y análisis de medias.

ANOVA					Grupos	Híbridos	Medias
Response: producción							
	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)			
lamina	0.34501	1	11.6660	0.07607 .	a	p1216	8.44
hibrido	1.98375	1	67.0775	0.01458 *	b	redjewel	7.29
lamina:hibrido	0.27144	1	9.1784	0.09386 .			
Residuals	0.05915	2					

Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 Letras diferentes "a" y "b" indican diferencia significativa.

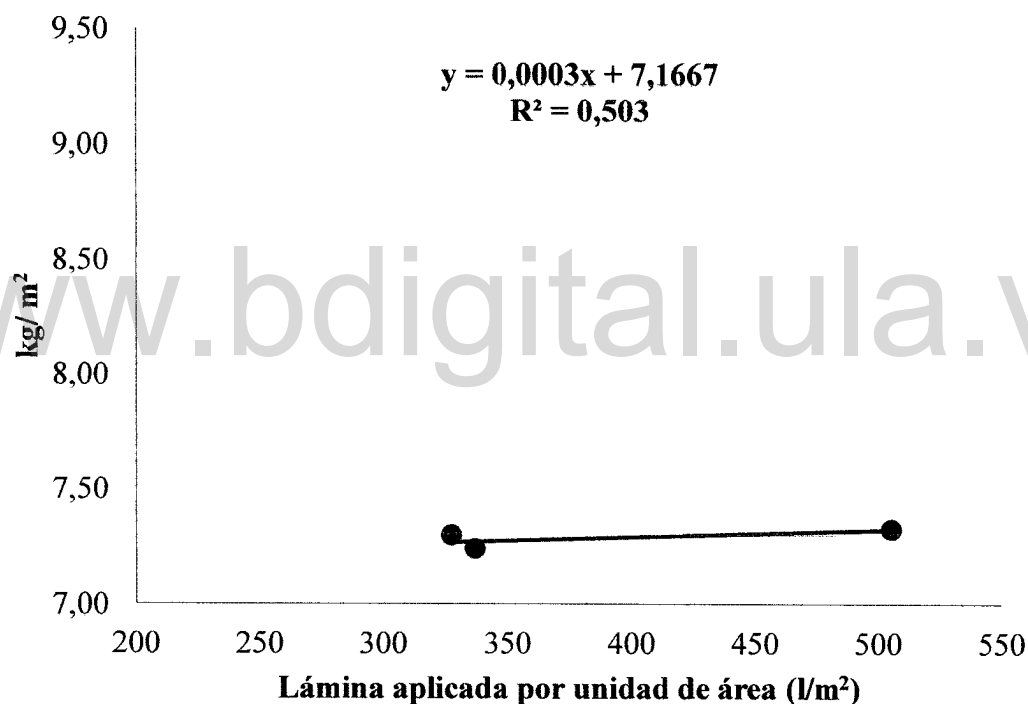


Figura 4.35. Relación de producción vs lámina de riego aplicada para el híbrido Red Jewel F1.

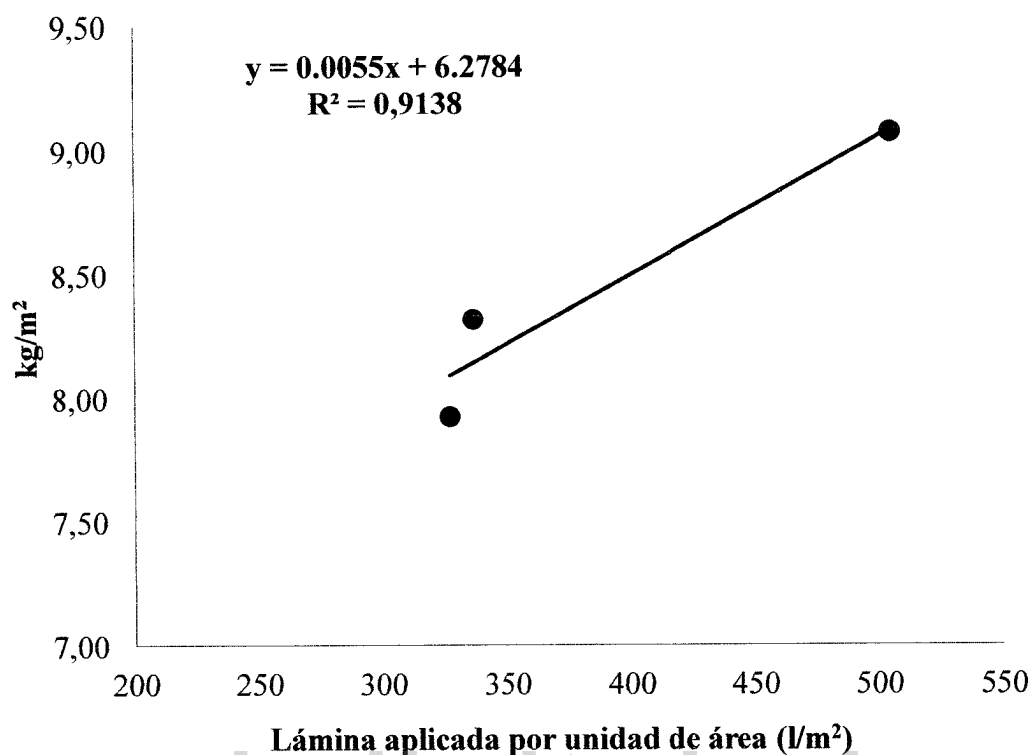


Figura 4.36. Relación de producción vs lámina de riego aplicada para el híbrido P1216.

4.9.3. Diámetro polar y ecuatorial

En referencia al diámetro polar se detectó diferencia altamente significativa entre híbridos y tratamiento a lo largo del período de evaluación. En cuanto al diámetro ecuatorial sólo hubo diferencia entre híbridos a lo largo del tiempo, los resultados se presentan en la Tabla 4.17. En la Figura 4.37 y 4.38 se observa que la línea de tendencia tiene un comportamiento diferente en cada combinación, esto se detalla en forma más clara en las Figuras 4.39 y 4.40 donde se refleja que la tendencia de los efectos de tratamiento por híbrido y entre híbridos sobre el diámetro polar, es que existe diferencia entre ellos.

Tabla 4.17. Análisis de varianza (ANOVA) para las variable diámetro polar y ecuatorial del fruto en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

Fuentes de variación	Diámetro polar				Diámetro ecuatorial			
	numDF	denDF	F-value	p-value	numDF	denDF	F-value	p-value
ddt	1	1128	144.288	<.0001	1	1128	217.407	<.0001
hibrido	1	2	125.903	0.0078	1	2	32.485	0.0294
tratamiento	2	8	1.969	0.2017	2	8	0.442	0.6576
ddt:hibrido	1	1128	14.414	0.0002	1	1128	4.380	0.0366
ddt:tratamiento	2	1128	3.267	0.0385	2	1128	2.623	0.0730
hibrido:tratamiento	2	8	0.230	0.8000	2	8	0.040	0.9614
ddt:hibrido:tratamiento	2	1128	8.800	0.0002	2	1128	0.987	0.3732

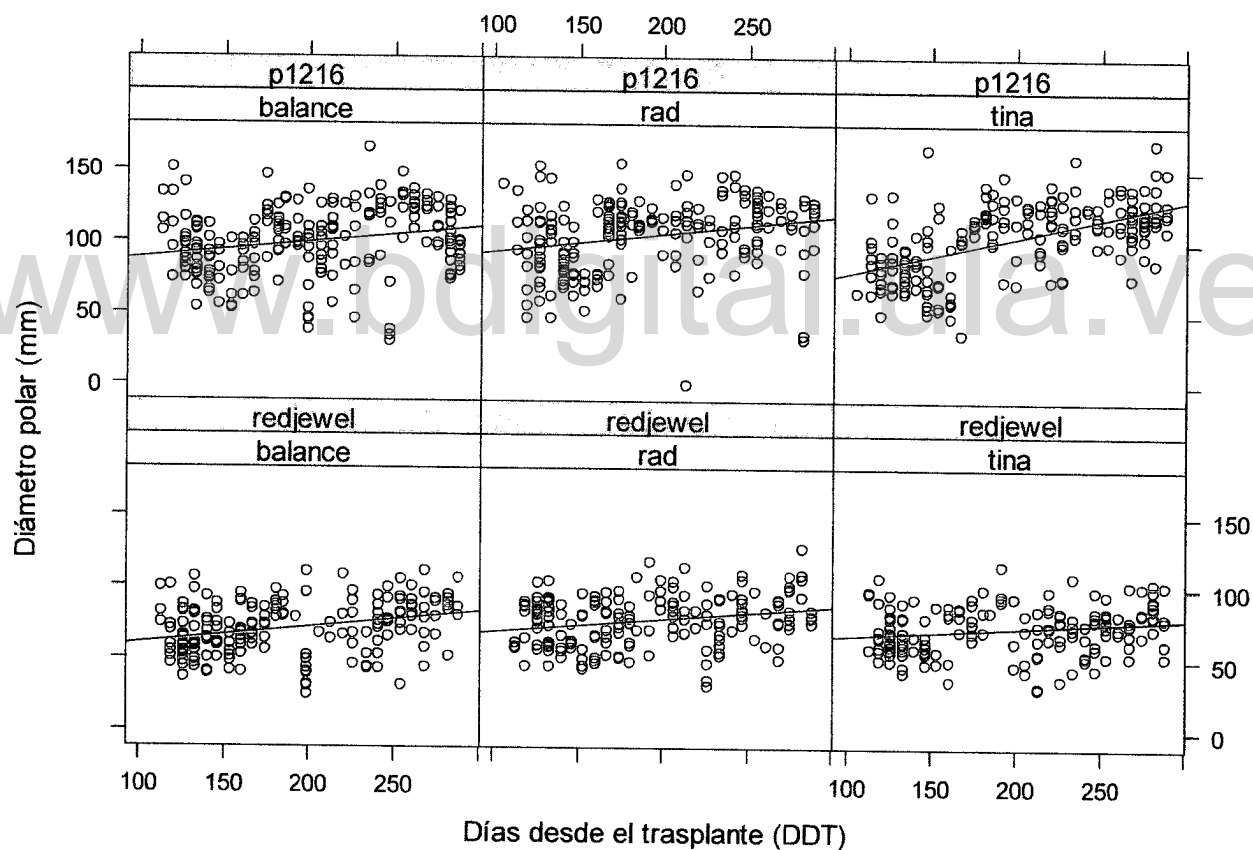


Figura 4.37. Tendencia de los efectos tratamiento con híbrido sobre el diámetro polar.

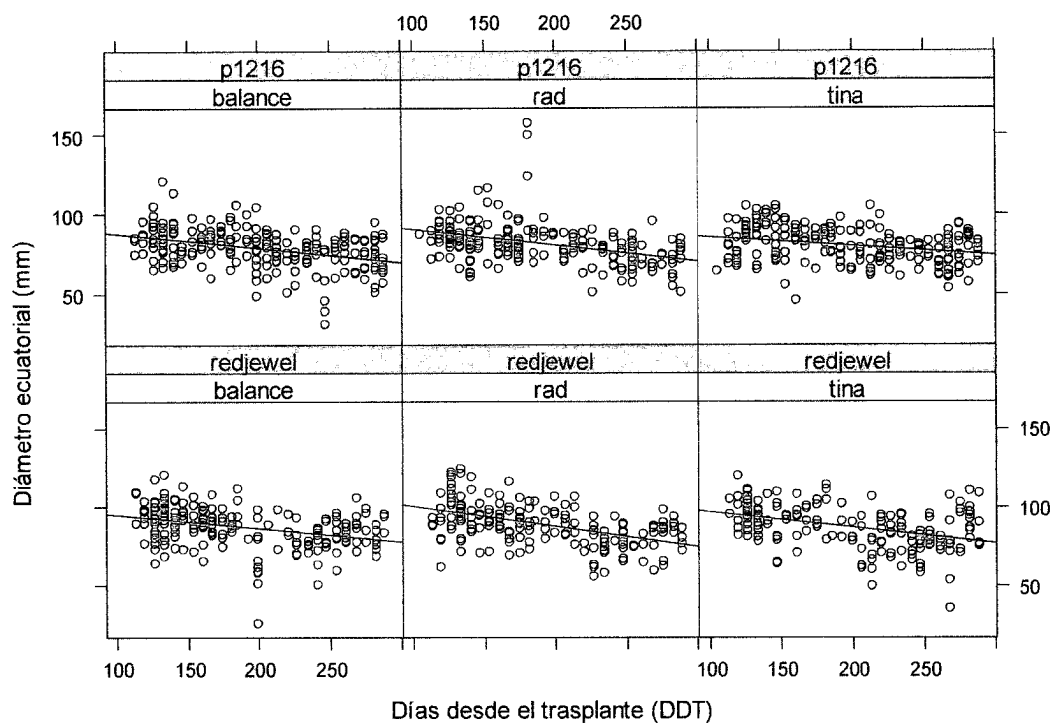


Figura 4.38. Tendencia de los efectos tratamiento-híbrido sobre el diámetro ecuatorial.

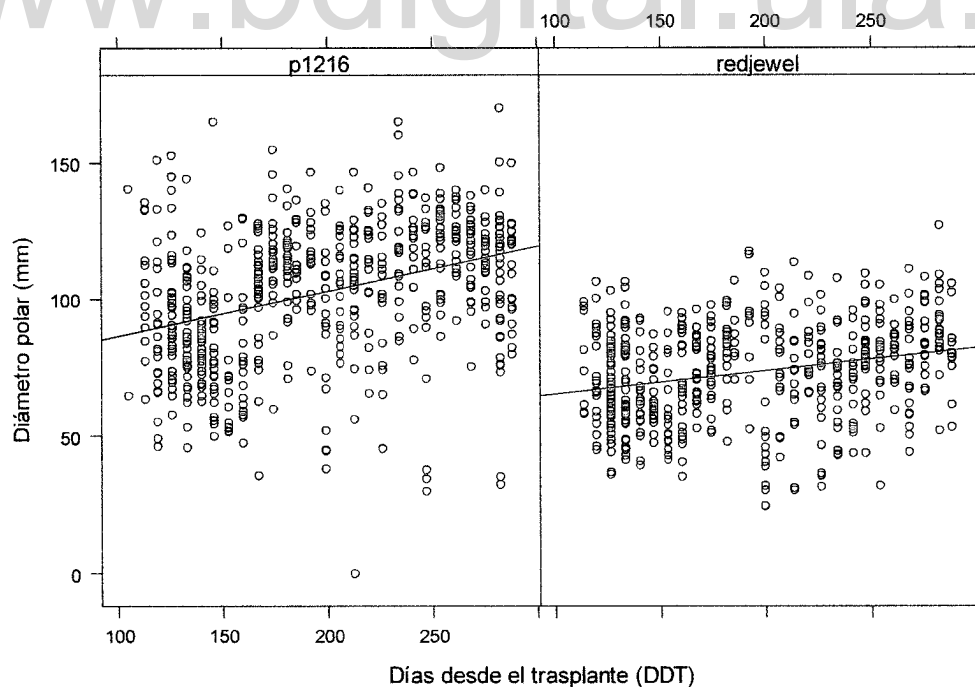


Figura 4.39. Tendencia del efecto híbrido sobre el diámetro polar.

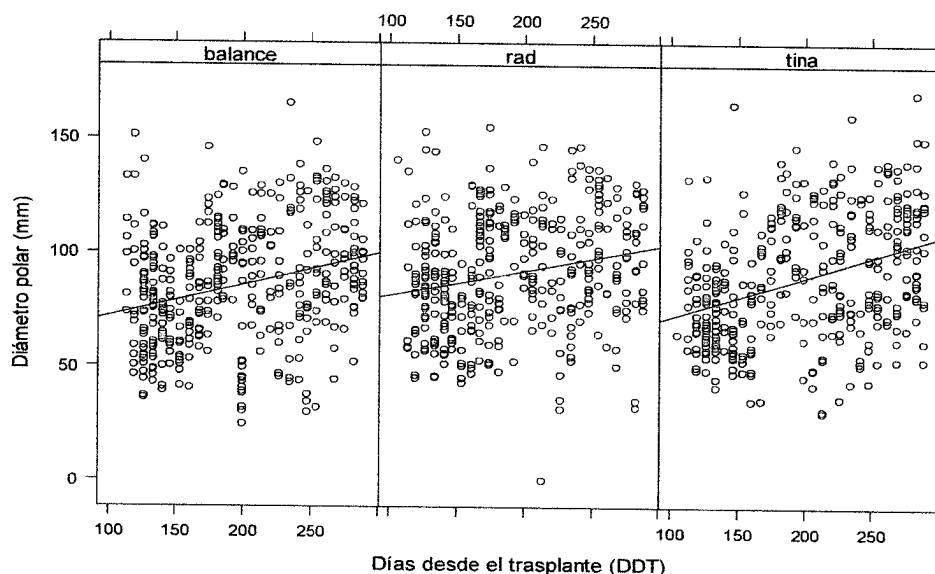


Figura 4.40. Tendencia de los efectos tratamientos sobre el diámetro polar.

En la Tabla 4.18 se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza y medias correspondientes por cada DDT (días desde el trasplante) para el diámetro polar, debido a que el ANOVA general refleja diferencia significativa en ddt-híbrido-tratamiento. Se observa que el factor híbrido fue el que aportó mayores diferencias en el diámetro polar, resaltando el híbrido P1216 con los valores de mayor diámetro. Observando los resultados de la interacción híbrido-tratamiento, en los 119, 206, 247, 282 y 288 DDT, existió diferencia significativa entre las combinaciones, donde las mejores combinaciones fueron: P1216 con tratamiento de Tina alcanzando un valor de 127,5 mm y por otro lado Red Jewel F1 con tratamiento de Radiación donde se alcanzó un valor de 108,8 mm.

Por otra parte la Tabla 4.19 muestra que el híbrido Red Jewel F1 obtuvo los mayores valores de diámetro ecuatorial, alcanzando valores de 123 mm. Para los 119 DDT, los tratamientos de Tina y Balance del híbrido Red Jewel F1, alcanzaron valores de 99,49 y 93,93 mm, siendo estadísticamente iguales. Mientras que para el día 126 después del trasplante el tratamiento de Radiación del híbrido Red Jewel F1 obtuvo un valor de 106,7 mm siendo diferente al resto de las combinaciones. Para el día 181 después del trasplante el mayor valor alcanzado fue

por el método de Radiación del híbrido P1216. Los 247 DDT, el método de Balance del híbrido P1216 fue estadísticamente diferente al resto de las combinaciones, obteniendo valores mínimos de diámetro ecuatorial.

Tabla 4.18. Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable diámetro polar en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

DDT	ANOVA		Grupos Tratamientos Medias		
		F value	Pr(>F)		
113	híbrido	11.6078	0.003606 **	a	p1216 103.4
	tratamiento	1.7056	0.213072	b	redjewel 76.1
	híbrido:tratamiento	2.7546	0.093748 .		
119	híbrido	6.2224	0.01708 *	a	p1216:balance 112.7
	tratamiento	1.4020	0.25854	b	p1216:rad 82.81
	híbrido:tratamiento	4.5858	0.01644 *	b	redjewel:rad 77.11
				b	p1216:tina 74.54
				b	redjewel:tina 70.82
				b	redjewel:balance 64.65
126	híbrido	49.3109	5.81e-10 ***	a	p1216 95.66
	tratamiento	3.5988	0.03176 *	b	redjewel 68.5
	híbrido:tratamiento	2.0995	0.12906	a	rad 90.04
				b	tina 75.85
				b	balance 74.58
133	híbrido	31.6569	2.365e-07 ***	a	p1216 88.74
	tratamiento	4.5106	0.01378 *	b	redjewel 67.96
	híbrido:tratamiento	0.4469	0.64110	a	rad 83.08
				ab	balance 75.46
				b	tina 71.45
140	híbrido	21.1403	3.342e-05 ***	a	p1216 85.25
	tratamiento	0.4827	0.6202	b	redjewel 65.35
	híbrido:tratamiento	0.2674	0.7666		
146	híbrido	9.9317	0.003074 **	a	p1216 82.91
	tratamiento	0.0844	0.919248	b	redjewel 64.12
	híbrido:tratamiento	0.3401	0.713725		
160	híbrido	5.3593	0.02545 *	a	p1216 82.64
	tratamiento	2.5095	0.09315 .	b	redjewel 69.88
	híbrido:tratamiento	2.1314	0.13104		
167	híbrido	40.9230	6.728e-08 ***	a	p1216 101.2
	tratamiento	4.6847	0.01396 *	b	redjewel 73.19
	híbrido:tratamiento	2.1630	0.12629	a	rad 98.49
				ab	tina 89.24
				b	balance 77.47
174	híbrido	63.6992	1.003e-09 ***	a	p1216 114.8
	tratamiento	0.0349	0.9658	b	redjewel 74.77
	híbrido:tratamiento	0.3697	0.6934		
181	híbrido	53.0463	1.961e-08 ***	a	p1216 111.2
	tratamiento	6.4871	0.004107 **	b	redjewel 80.63
	híbrido:tratamiento	2.5242	0.095038 .	a	tina 111.3
				b	balance 97.49
				c	rad 83.53

Tabla 4.18. Continuación.

185	hibrido	22.8882	0.0001725	***	a	p1216	114.7
	tratamiento	0.0175	0.9826977		b	redjewel	85.82
	hibrido:tratamiento	0.0703	0.9324209				
192	hibrido	10.9457	0.003343	**	a	p1216	114.5
	tratamiento	1.5785	0.229797		b	redjewel	90.03
	hibrido:tratamiento	0.3146	0.733450				
199	hibrido	7.0830	0.01255	*	a	p1216	89.03
	tratamiento	4.9074	0.01460	*	b	redjewel	64.62
	hibrido:tratamiento	0.3571	0.70276		a	rad	99.41
					ab	tina	87.21
					b	balance	66.4
206	hibrido	38.3646	9.369e-07	***	a	p1216:tina	121.2
	tratamiento	4.5123	0.01967	*	ab	p1216:rad	109.1
	hibrido:tratamiento	5.2322	0.01148	*	bc	p1216:balance	96.59
					c	redjewel:rad	85.66
					cd	redjewel:balance	67.54
					d	redjewel:tina	58.85
213	hibrido	14.7890	0.0005028	***	a	p1216	102.9
	tratamiento	0.8881	0.4207616		b	redjewel	69.43
	hibrido:tratamiento	21.2378	0.3027741				
220	hibrido	17.6289	0.0003432	***	a	p1216	110
	tratamiento	1.1480	0.3347828		b	redjewel	80.8
	hibrido:tratamiento	0.9649	0.3959032				
226	hibrido	18.1126	0.0001546	***	a	p1216	99.97
	tratamiento	0.2132	0.8090769		b	redjewel	68.93
	hibrido:tratamiento	0.4926	0.6153136				
234	hibrido	73.4785	4.061e-10	***	a	p1216	120.8
	tratamiento	1.4919	0.2389		b	redjewel	68.66
	hibrido:tratamiento	0.6569	0.5247				
241	hibrido	61.3593	4.573e-08	***	a	p1216	119.2
	tratamiento	0.3904	0.6810		b	redjewel	69.26
	hibrido:tratamiento	1.2219	0.3124				
247	hibrido	8.8392	0.005162	**	a	p1216:rad	115.9
	tratamiento	5.7995	0.006444	**	a	p1216:tina	114.2
	hibrido:tratamiento	5.5588	0.007746	**	b	redjewel:rad	88.33
					b	redjewel:balance	80.81
					b	redjewel:tina	73.28
					b	p1216:balance	68.69
254	hibrido	66.8091	6.75e-10	***	a	p1216	119.6
	tratamiento	0.7599	0.4747		b	redjewel	78.41
	hibrido:tratamiento	0.5106	0.6042				
261	hibrido	122.5069	6.286e-12	***	a	p1216	123
	tratamiento	1.0070	0.3777		b	redjewel	80.51
	hibrido:tratamiento	0.8163	0.4520				
268	hibrido	54.8957	5.082e-09	***	a	p1216	114.1
	tratamiento	0.5926	0.5577		b	redjewel	75.48
	hibrido:tratamiento	0.1117	0.8946				
275	hibrido	53.4316	2.172e-08	***	a	p1216	114.9
	tratamiento	0.8154	0.4512		b	redjewel	86.17
	hibrido:tratamiento	0.2865	0.7527				

Tabla 4.18. Continuación.

282	hibrido	4.9776	0.030945	*	a	p1216:tina	127.5
	tratamiento	2.7928	0.072384	.	ab	redjewel:rad	108.8
	hibrido:tratamiento	6.0593	0.004805	**	b	p1216:balance	101.3
					b	redjewel:tina	88.88
					b	p1216:rad	86.69
288					b	redjewel:balance	82.96
	hibrido	38.4958	1.456e-06	***	a	p1216:tina	125.2
	tratamiento	3.7047	0.038402	*	a	p1216:rad	117.2
	hibrido:tratamiento	7.3903	0.002876	**	b	p1216:balance	94.95
					bc	redjewel:balance	90.58
					bc	redjewel:rad	79.61
					c	redjewel:tina	75.11

Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Letras diferentes "a", "b", "c" y "d" indican diferencia significativa.

Tabla 4.19. Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable diámetro ecuatorial en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

DDT	ANOVA			Grupos Tratamientos Medias		
		F value	Pr(>F)			
113	hibrido	22.0984	0.0002404 ***	a	redjewel	98.38
	tratamiento	1.0304	0.3793621	b	p1216	81.41
	hibrido:tratamiento	1.2383	0.3162120			
119	hibrido	9.6949	0.003504 **	a	redjewel:tina	99.49
	tratamiento	0.0678	0.934525	ab	redjewel:balance	93.93
	hibrido:tratamiento	4.7891	0.013969 *	b	p1216:rad	88.83
				bc	redjewel:rad	87.78
				bc	p1216:balance	85.88
				c	p1216:tina	76.95
126	hibrido	22.7643	7.867e-06 ***	a	redjewel:rad	106.7
	tratamiento	6.2486	0.00298 **	b	redjewel:tina	97.47
	hibrido:tratamiento	3.8281	0.02574 *	bc	redjewel:balance	90.95
				bc	p1216:tina	90.7
				c	p1216:rad	87.08
				c	p1216:balance	84.53
133	hibrido	14.9311	0.0002188 ***	a	redjewel	95.25
	tratamiento	0.3730	0.6897925	b	p1216	85.49
	hibrido:tratamiento	0.3442	0.7097850			
140	hibrido	8.6183	0.005181 **	a	redjewel	93.65
	tratamiento	3.0179	0.058678 .	b	p1216	84.06
	hibrido:tratamiento	2.4774	0.095101 .			
160	hibrido	9.3102	0.003896 **	a	redjewel	91.32
	tratamiento	0.1559	0.856146	b	p1216	81.49
	hibrido:tratamiento	0.1198	0.887399			
167	hibrido	8.1477	0.006396 **	a	redjewel	90.64
	tratamiento	0.1619	0.850970	b	p1216	83.08
	hibrido:tratamiento	0.2548	0.776131			
174	hibrido	8.1755	0.006784 **	a	redjewel	90.08
	tratamiento	0.5377	0.588375	b	p1216	82.97
	hibrido:tratamiento	1.5765	0.219579			

Tabla 4.19. Continuación.

181	hibrido	0.0117	0.914629	a	p1216:rad	130.6
	tratamiento	8.3372	0.001132 **	b	redjewel:tina	102.2
	hibrido:tratamiento	16.8858	8.078e-06 ***	bc	redjewel:balance	88.35
				bc	redjewel:rad	88.21
				c	p1216:tina	84.92
185	hibrido	6.2052	0.02337 *	c	p1216:balance	82.07
	tratamiento	1.2448	0.31297	a	redjewel	96.62
	hibrido:tratamiento	1.0782	0.36235	b	p1216	85.61
199	hibrido	0.0042	0.94907	a	rad	92.24
	tratamiento	4.4404	0.02078 *	ab	tina	78.34
	hibrido:tratamiento	1.0397	0.36637	b	balance	71.78
206	hibrido	4.2478	0.04837 *	a	redjewel	85.38
	tratamiento	1.3477	0.27563	b	p1216	78.76
	hibrido:tratamiento	3.0364	0.06349 .			
247	hibrido	8.2420	0.006733 **	a	redjewel:balance	81.24
	tratamiento	1.5258	0.230810	a	redjewel:rad	78.73
	hibrido:tratamiento	6.0561	0.005305 **	a	p1216:tina	75.29
				a	redjewel:tina	72.3
				a	p1216:rad	72.11
				b	p1216:balance	55.02
254	hibrido	7.5783	0.009008 **	a	redjewel	81.85
	tratamiento	0.8579	0.432098	b	p1216	74.36
	hibrido:tratamiento	0.1975	0.821626			
261	hibrido	9.5578	0.00437 **	a	redjewel	80.94
	tratamiento	4.2776	0.02355 *	b	p1216	73.39
	hibrido:tratamiento	0.5337	0.59209	a	balance	81
				ab	rad	74.13
				b	tina	72.29
275	hibrido	6.4531	0.01597 *	a	redjewel	85.99
	tratamiento	1.3085	0.28388	b	p1216	76.75
	hibrido:tratamiento	0.4088	0.66775			
282	hibrido	18.3968	9.966e-05 ***	a	redjewel	87.81
	tratamiento	4.9571	0.01155 *	b	p1216	74.96
	hibrido:tratamiento	2.1396	0.13007	a	tina	87.31
				b	balance	75.69
				b	rad	75.61
288	hibrido	8.5172	0.007168 **	a	redjewel	84.8
	tratamiento	0.5360	0.591417	b	p1216	74.03
	hibrido:tratamiento	1.3980	0.265056			

Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Letras diferentes "a", "b", "c" y "d" indican diferencia significativa.

4.9.4. Número total de frutos y peso promedio de frutos

En la Tabla 4.20, se muestra que para el número de frutos sólo se presentó diferencia significativa en el tiempo (Figura 4.41), mientras que para la variable peso promedio de frutos se

encontró diferencia estadísticamente significativa entre híbridos a lo largo del tiempo (Figuras 4.42 y 4.43).

Tabla 4.20. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables número total de frutos y peso promedio de frutos en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

Fuentes de variación	Número de frutos				Peso promedio de frutos			
	numDF	denDF	F-value	p-value	numDF	denDF	F-value	p-value
ddt	1	464	18.3839	<.0001	1	464	0.540	0.4630
hibrido	1	2	3.5794	0.1990	1	2	19.746	0.0471
tratamiento	2	8	0.1751	0.8425	2	8	1.933	0.2066
ddt:hibrido	1	464	0.5384	0.4635	1	464	17.942	<.0001
ddt:tratamiento	2	464	1.0295	0.3580	2	464	1.506	0.2229
hibrido:tratamiento	2	8	0.0400	0.9610	2	8	2.762	0.1224
ddt:hibrido:tratamiento	2	464	0.3314	0.7181	2	464	1.520	0.2198

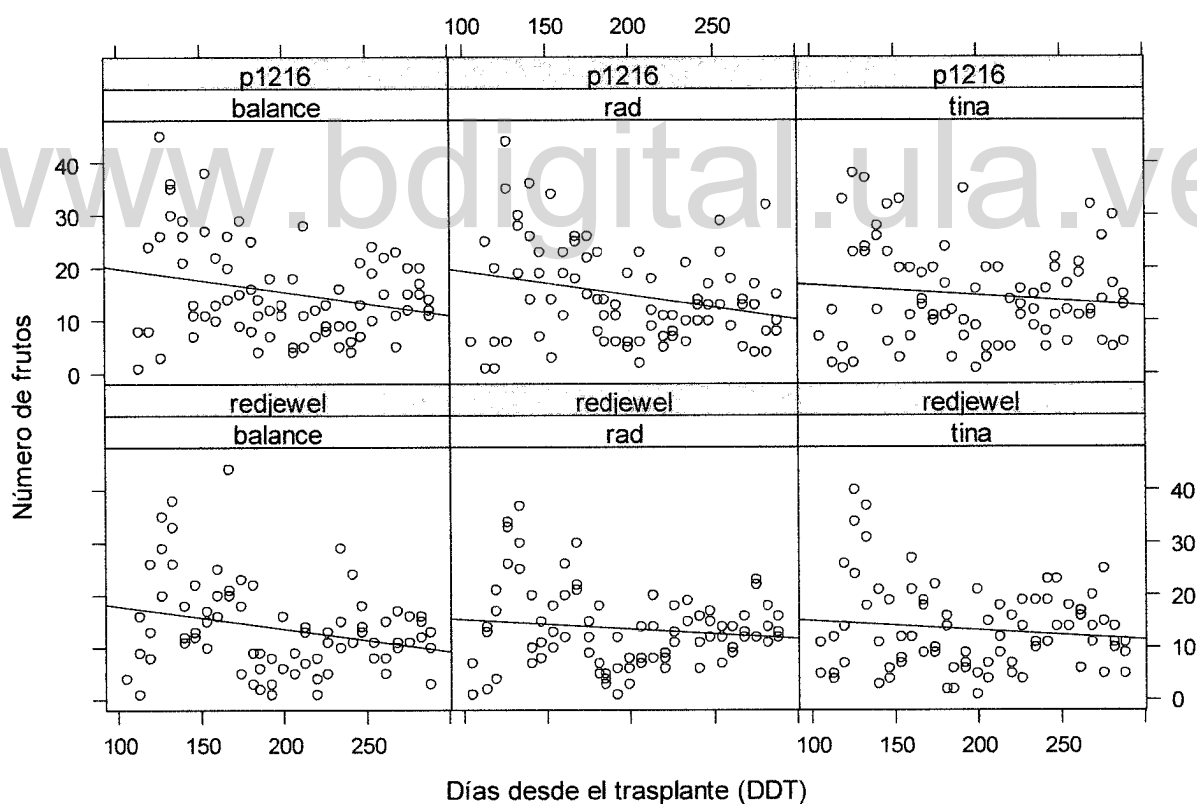


Figura 4.41. Tendencia de los efectos combinados sobre el número de frutos.

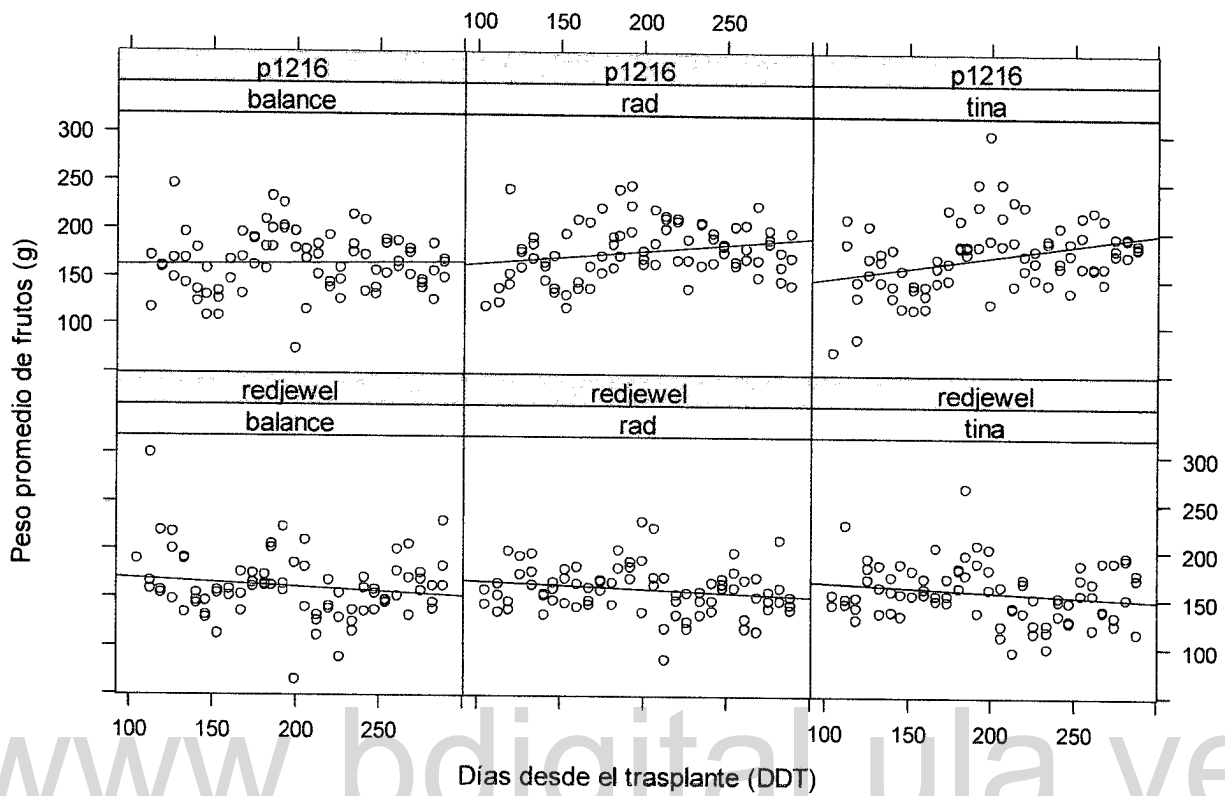


Figura 4.42. Tendencia de los efectos combinados sobre el peso promedio de frutos.

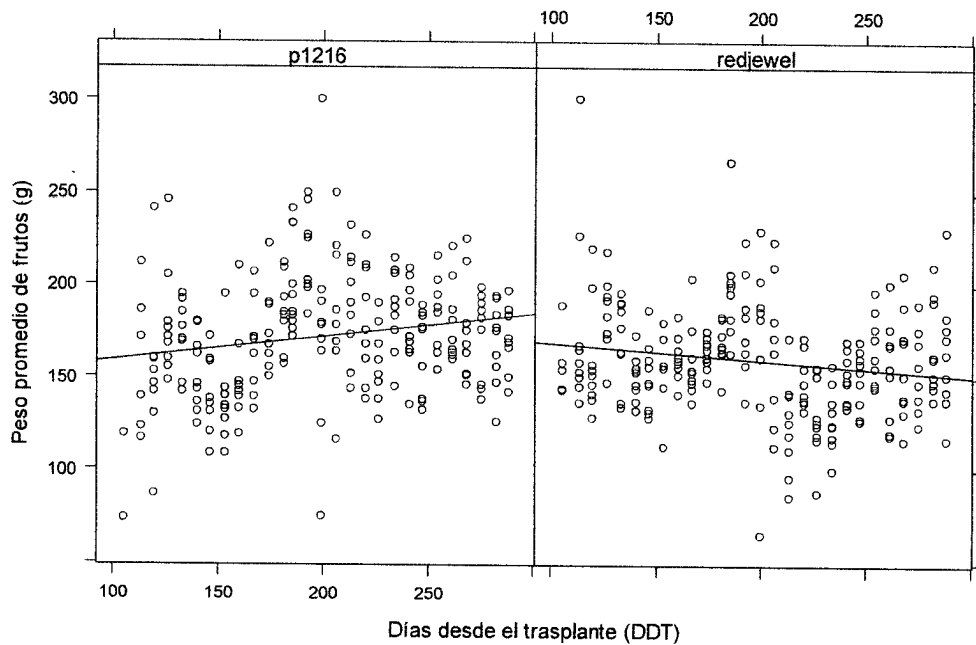


Figura 4.43. Tendencia del efecto híbrido sobre el peso promedio de frutos.

Al revisar el comportamiento del peso promedio de frutos, se consta que para los 105 y 153 DDT, el híbrido Red Jewel F1 fue el que obtuvo los mayores valores de medias, siendo diferente al híbrido P1216. Mientras que para los días 181, 192, 213, 220, 226, 234, 241 después del trasplante los mayores valores alcanzados los obtuvo el híbrido P1216. Para los 206 y 275 DDT los tratamientos de Tina y Radiación del híbrido P1216, obtuvieron los valores máximos de medias en peso de fruto. Por otro lado para los días 247 después del trasplante, los métodos de Tina y Balance fueron estadísticamente iguales, pero diferentes al método Radiación, estos resultados se presentan en la Tabla 4.21.

Tabla 4.21. Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable peso promedio de fruto en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

DDT	ANOVA		Grupos Tratamientos		Medias
		F value Pr(>F)			
105	híbrido	67.2954 0.01454 *	a	redjewel	157.6
	tratamiento	10.4045 0.08768 .	b	p1216	96.5
	híbrido:tratamiento	7.5973 0.11028			
153	híbrido	4.9949 0.04521 *	a	redjewel	159.6
	tratamiento	1.9150 0.18976	b	p1216	135.2
	híbrido:tratamiento	20.3762 0.69430			
181	híbrido	5.4031 0.03845 *	a	p1216	184.9
	tratamiento	1.4462 0.27372	b	redjewel	167.1
	híbrido:tratamiento	0.0414 0.95961			
192	híbrido	8.2809 0.01389 *	a	p1216	217.7
	tratamiento	0.0693 0.93342	b	redjewel	179.8
	híbrido:tratamiento	0.1411 0.86984			
206	híbrido	2.1201 0.17104	a	p1216:tina	217.3
	tratamiento	0.7938 0.47451	ab	p1216:rad	190.3
	híbrido:tratamiento	4.5785 0.03329 *	abc	redjewel:rad	186.7
			abc	redjewel:balance	176.7
			bc	p1216:balance	154.3
			c	redjewel:tina	133.3
213	híbrido	22.6206 0.0004672 ***	a	p1216	189.1
	tratamiento	0.8464 0.4530233	b	redjewel	124.9
	híbrido:tratamiento	0.6306 0.5490341			
220	híbrido	6.7662 0.02317 *	a	p1216	180.6
	tratamiento	1.1379 0.35276	b	redjewel	150.9
	híbrido:tratamiento	1.1335 0.35406			
226	híbrido	7.6735 0.01696 *	a	p1216	158.7
	tratamiento	0.8817 0.43926	b	redjewel	129.4
	híbrido:tratamiento	0.1895 0.82981			
234	híbrido	40.6092 3.544e-05 ***	a	p1216	186.1
	tratamiento	2.4570 0.1275	b	redjewel	128.4
	híbrido:tratamiento	0.3885 0.6863			

Tabla 4.21. Continuación.

241	hibrido	7.6356	0.01718	*	a	p1216	178.4
	tratamiento	0.0910	0.91363		b	redjewel	150.3
	hibrido:tratamiento	0.3165	0.73461				
247	hibrido	4.3743	0.05842	.	a	rad	173.5
	tratamiento	6.5722	0.01182	*	b	tina	150.8
	hibrido:tratamiento	3.1590	0.07903	.	b	balance	145.8
275	hibrido	5.5341	0.036549	*	a	p1216:rad	191.7
	tratamiento	1.3399	0.298371		a	p1216:tina	184
	hibrido:tratamiento	7.8323	0.006661	**	ab	redjewel:balance	167.3
					b	redjewel:tina	149
					b	redjewel:rad	147.7
					b	p1216:balance	142.7

Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Letras diferentes "a", "b", "c" y "d" indican diferencia significativa.

4.9.5. Peso de fruto por planta

El análisis de varianza para la variable peso de fruto por planta arrojó que existen diferencia significativa entre híbridos por tratamiento con respecto al tiempo, como se muestra en la Tabla 4.22. En la Figura 4.44 se pueden observar las líneas de tendencia las cuales nos indica que el peso de fruto varía con el tiempo para cada híbrido y tratamiento. En la Figura 4.45 se observa en forma más detallada que la línea de tendencia entre híbridos es diferente.

Tabla 4.22. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable peso de fruto por planta (Kg) en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum* L.).

	numDF	denDF	F-value	p-value
ddt	1	1128	1.9447	0.1634
hibrido	1	2	1.0464	0.4139
tratamiento	2	8	1.3725	0.3073
ddt:hibrido	1	1128	16.7117	<.0001
ddt:tratamiento	2	1128	2.5381	0.0795
hibrido:tratamiento	2	8	0.3689	0.7027
ddt:hibrido:tratamiento	2	1128	5.2193	0.0055

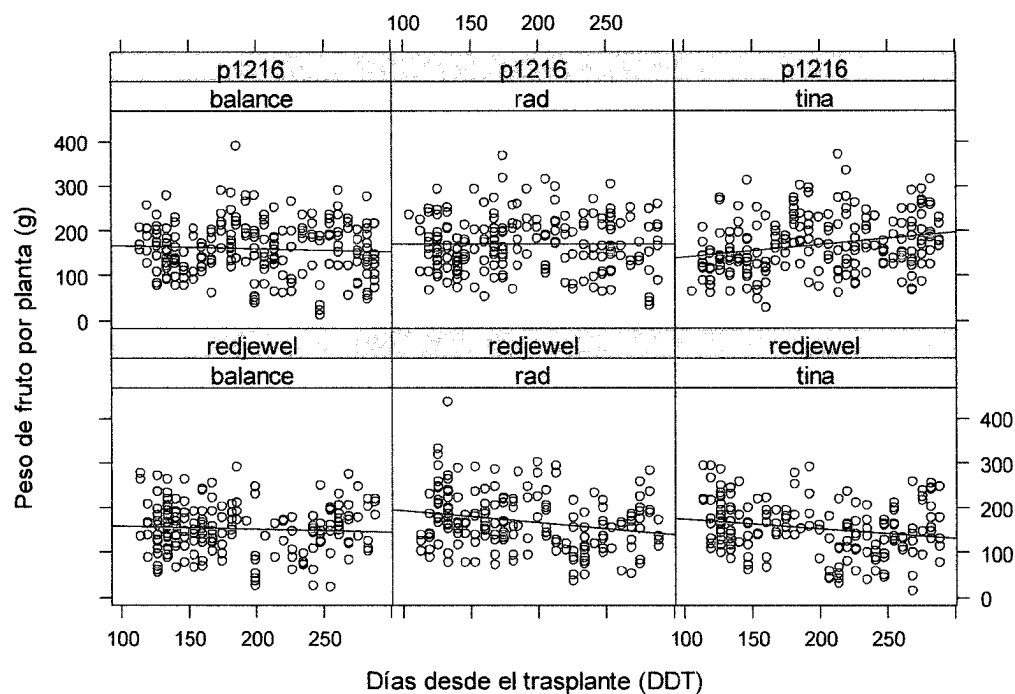


Figura 4.44. Tendencia del efecto tratamiento por híbrido sobre el peso del fruto por planta.

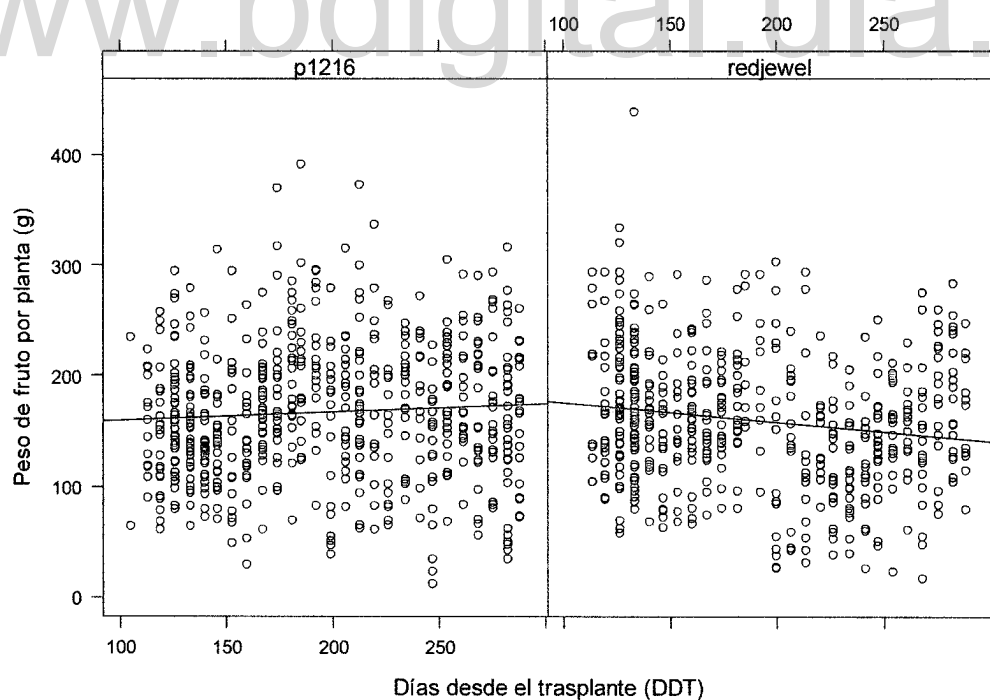


Figura 4.45. Tendencia del efecto híbrido sobre el peso de fruto por planta.

En la Tabla 4.23 se muestra el análisis de medias, indicando que para los 113 DDT, el método de la Tina y Balance del híbrido Red Jewel F1, estadísticamente fueron iguales donde alcanzaron los valores máximos de medias. Para los 119 DDT, el método de Balance del híbrido P1216 alcanzó un valor de 187,2 g, seguido del método de la Tina del híbrido Red Jewel F1 con un valor de 185,5 g, indicando que no hubo diferencia entre ellos. Mientras que para los 126 y 282 DDT los máximos valores alcanzados los obtuvo el método de Radiación del híbrido Red Jewel F1. Los 247 y 288 DDT, el método de Balance para el híbrido Red Jewel F1 obtuvo los valores de medias más altos para esas fechas de observación. En los 133, 181, 199, 213 y 261 DDT, se observó diferencia entre los tratamientos, donde las pruebas de medias para los 133 DDT indica que el método de Radiación fue diferente entre los demás métodos o tratamientos, mientras que para la fecha 181 DDT, Balance y Radiación fueron iguales entre sí, pero diferentes al método de la Tina, en cambio para la fecha 213 DDT, Balance es igual a Radiación y a Tina. Por otro lado para los 261 DDT, estadísticamente Radiación es igual a Tina y a Balance. Igualmente se observa que los valores altos de peso de frutos fueron alcanzados por el método de Radiación. El híbrido P1216 fue el que obtuvo los mayores valores de medias.

Tabla 4.23. Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada periodo de observación para la variable peso de fruto por plata en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

DDT	ANOVA		Grupos Tratamientos Medias	
		F value Pr(>F)		
113	hibrido	3.8698 0.06675 .	a	redjewel:tina 244
	tratamiento	1.9336 0.17696	a	redjewel:balance 227
	hibrido:tratamiento	5.0064 0.02049 *	ab	p1216:balance 179.7
			ab	p1216:rad 177.7
119			b	p1216:tina 140.9
			b	redjewel:rad 123.3
	hibrido	1.1695 0.28631	a	p1216:balance 187.2
	tratamiento	0.6238 0.54130	a	redjewel:tina 185.5
	hibrido:tratamiento	4.6825 0.01521 *	a	p1216:rad 161.2
126			ab	redjewel:balance 157.6
			ab	redjewel:rad 147.3
			b	p1216:tina 107.6
	hibrido	1.0923 0.299024	a	redjewel:rad 229.5
	tratamiento	5.5658 0.005412 **	b	redjewel:tina 181.7
	hibrido:tratamiento	3.5860 0.032136 *	bc	p1216:rad 171.5
			bc	p1216:tina 171.2
			bc	p1216:balance 163.3
			c	redjewel:balance 144.9

Tabla 4.23. Continuación.

133	hibrido	3.2023	0.07714	.	a	rad	194
	tratamiento	3.9494	0.02295	*	b	balance	163.1
	hibrido:tratamiento	0.1691	0.84472		b	tina	150.8
181	hibrido	1.8821	0.17908		a	tina	227
	tratamiento	4.3847	0.02022	*	b	balance	172.4
	hibrido:tratamiento	0.1310	0.87766		b	rad	169.4
199	hibrido	0.3193	0.576345		a	rad	229
	tratamiento	7.0315	0.003238	**	b	tina	141.7
	hibrido:tratamiento	0.8226	0.449286		b	balance	111
213	hibrido	4.4105	0.04321	*	a	rad	207.3
	tratamiento	3.8494	0.03112	*	ab	balance	152.7
	hibrido:tratamiento	0.4655	0.63175		b	tina	135.7
234	hibrido	18.0584	0.0001508	***	a	p1216	181.4
	tratamiento	1.7267	0.1926842		b	redjewel	117.3
	hibrido:tratamiento	0.7620	0.4743274				
241	hibrido	10.4725	0.003519	**	a	p1216	183
	tratamiento	0.3901	0.681177		b	redjewel	119.4
	hibrido:tratamiento	2.1341	0.140266				
247	hibrido	0.6777	0.41567		a	redjewel:balance	159
	tratamiento	1.1583	0.32516		a	redjewel:rad	153.1
	hibrido:tratamiento	3.7195	0.03374	*	a	p1216:tina	150.5
					a	p1216:rad	147.1
					ab	redjewel:tina	114.5
					b	p1216:balance	85.83
261	hibrido	2.9451	0.09680	.	a	balance	190.2
	tratamiento	4.0115	0.02897	*	ab	rad	153.3
	hibrido:tratamiento	0.2805	0.75746		b	tina	151
282	hibrido	2.0288	0.16156		a	redjewel:rad	227
	tratamiento	3.2710	0.04760	*	a	p1216:tina	210.3
	hibrido:tratamiento	3.5195	0.03841	*	ab	redjewel:tina	190.7
					abc	redjewel:balance	148.3
					bc	p1216:balance	145.1
					c	p1216:rad	121.6
288	hibrido	0.0520	0.821408		a	redjewel:balance	207.3
	tratamiento	1.5774	0.225644		a	p1216:tina	200.7
	hibrido:tratamiento	6.4844	0.005192	***	a	p1216:rad	186.7
					ab	redjewel:tina	150.6
					ab	redjewel:rad	138.2
					b	p1216:balance	120.9

Signif. códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 * 0.05 ' 0.1 ' ' 1

Letras diferentes "a", "b", "c" y "d" indican diferencia significativa.

4.9.6. Altura de la planta

El análisis de varianza para altura de la planta se presenta en la Tabla 4.24, se evidencia que los cambios en altura total de las plantas en el tiempo de medición variaron significativamente de acuerdo al tipo de híbrido y al tratamiento aplicado. En cuanto al diámetro del tallo sólo se detectó diferencia significativa entre híbridos durante el período de evaluación. En la Figura 4.46 y 4.47 se observa el constante crecimiento de la altura de la planta y diámetro

de tallo para diferentes fechas de evaluación en cada híbrido de cada tratamiento. En la Figura 4.48 se observa en forma más detallada que para el híbrido P1216 siempre se obtuvieron diámetros mayores que en los diámetros del híbrido Red Jewel F1.

Como complemento, se realizó un análisis de varianza de crecimiento ajustando un modelo de crecimiento logístico, donde se comparan los parámetros de este modelo para las 6 combinaciones híbridos y tratamientos, resultados que se presentan en la Tabla 4.25. Todos los parámetros de los modelos ajustados fueron diferentes estadísticamente al 5%. La Figura 4.49 muestra que durante las fechas de evaluación el crecimiento de la planta no es igual para todas las combinaciones, igualmente ocurre con el crecimiento del tallo (Figura 4.50), el ajuste del modelo no lineal se presenta en la Ecuación 5.1.

Tabla 4.24. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables altura de la planta y diámetro del tallo en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

Fuentes de variación	Altura de la planta				Diámetro del tallo			
	numDF	denDF	F-value	p-value	numDF	denDF	F-value	p-value
ddt	1	1410	10705.144	<.0001	1	1410	3836.342	<.0001
hibrido	1	2	14.820	0.0613	1	2	1.113	0.4021
tratamiento	2	8	2.991	0.1072	2	8	1.583	0.2634
ddt:hibrido	1	1410	55.781	<.0001	1	1410	5.724	0.0169
ddt:tratamiento	2	1410	2.124	0.1200	2	1410	0.885	0.4130
hibrido:tratamiento	2	8	8.097	0.0120	2	8	1.292	0.3263
ddt:hibrido:tratamiento	2	1410	9.069	0.0001	2	1410	0.962	0.3826

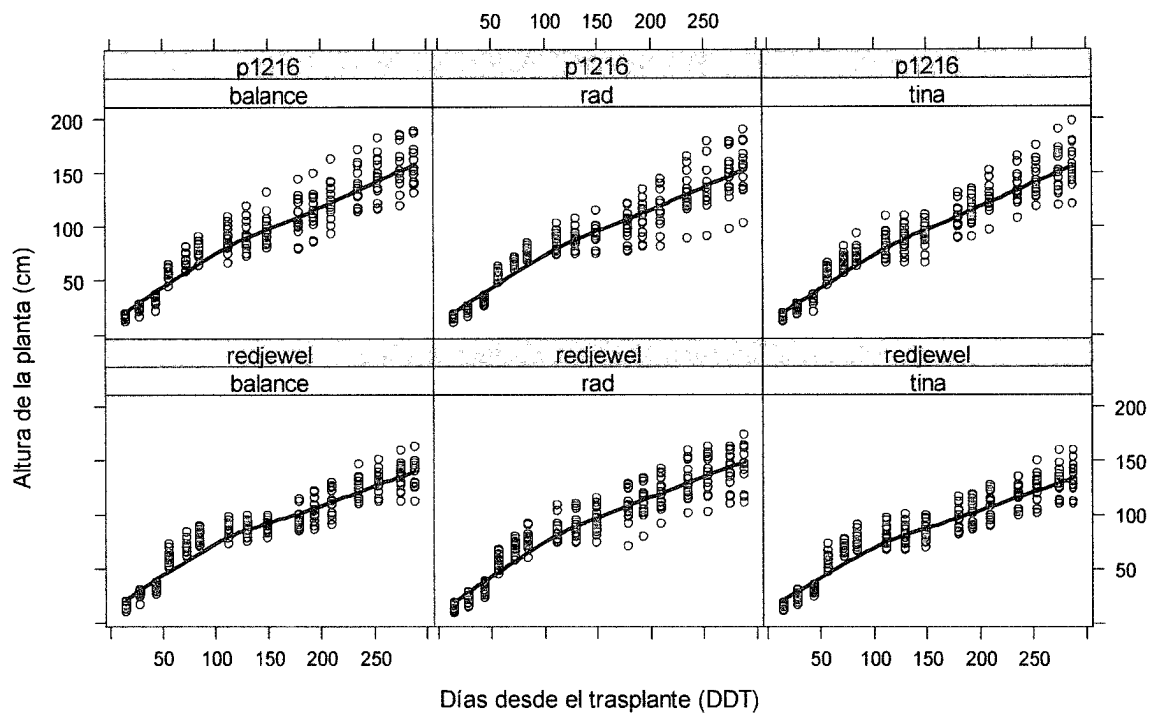


Figura 4.46. Tendencia de los efectos combinados sobre la altura de la planta.

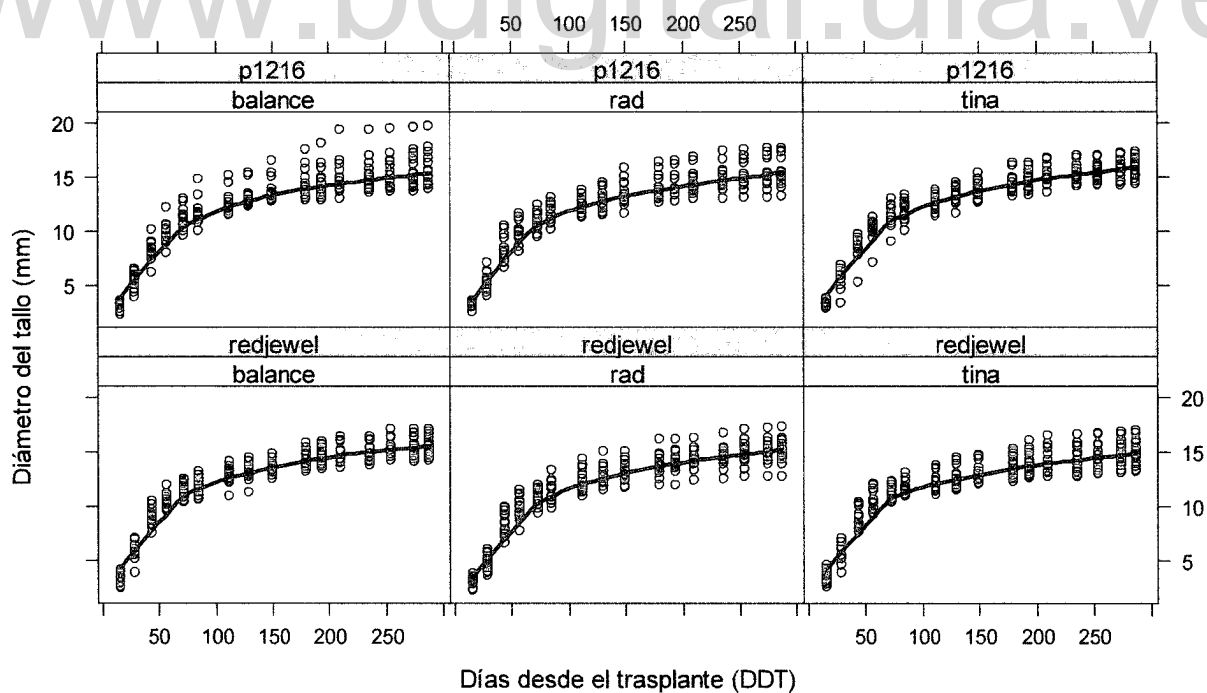


Figura 4.47. Tendencia del efecto híbrido por tratamiento sobre el diámetro del tallo.

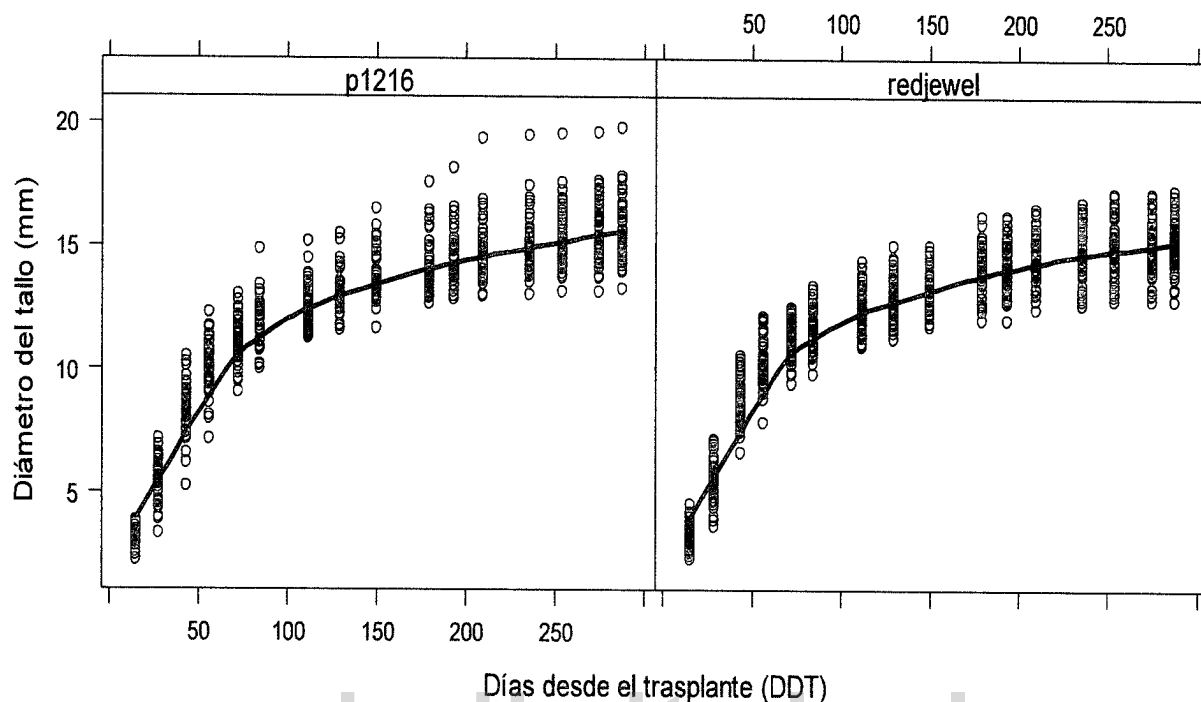


Figura 4.48. Tendencia del efecto híbrido sobre el diámetro del tallo.

Tabla 4.25. Análisis de varianza (ANOVA) de crecimiento usando el modelo de crecimiento logístico para las variables altura de la planta y diámetro del tallo en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

	Altura de la planta				Diámetro del tallo			
	numDF	denDF	F-value	p-value	numDF	denDF	F-value	p-value
Asym	1	1426	501.8495	<.0001	1	1426	13744.865	<.0001
xmid	1	1426	205.2579	<.0001	1	1426	1888.054	<.0001
scal	1	1426	1235.0718	<.0001	1	1426	2139.964	<.0001

$$Y = \varphi_1 / \{1 + \exp[-(D - \varphi_2) / \varphi_3]\} \quad (5.1)$$

donde:

Y: es la variable respuesta

D: días de observación

φ_1 : es el valor de la asíntota o valor máximo de Y alcanzado (Asym)

ϕ_2 : es el tiempo en el cual se alcanza la mitad del valor de la asíntota (xmid)

ϕ_3 : es el tiempo transcurrido entre el momento de haber alcanzado la mitad de la asíntota y los $\frac{3}{4}$ de ella. (scal)

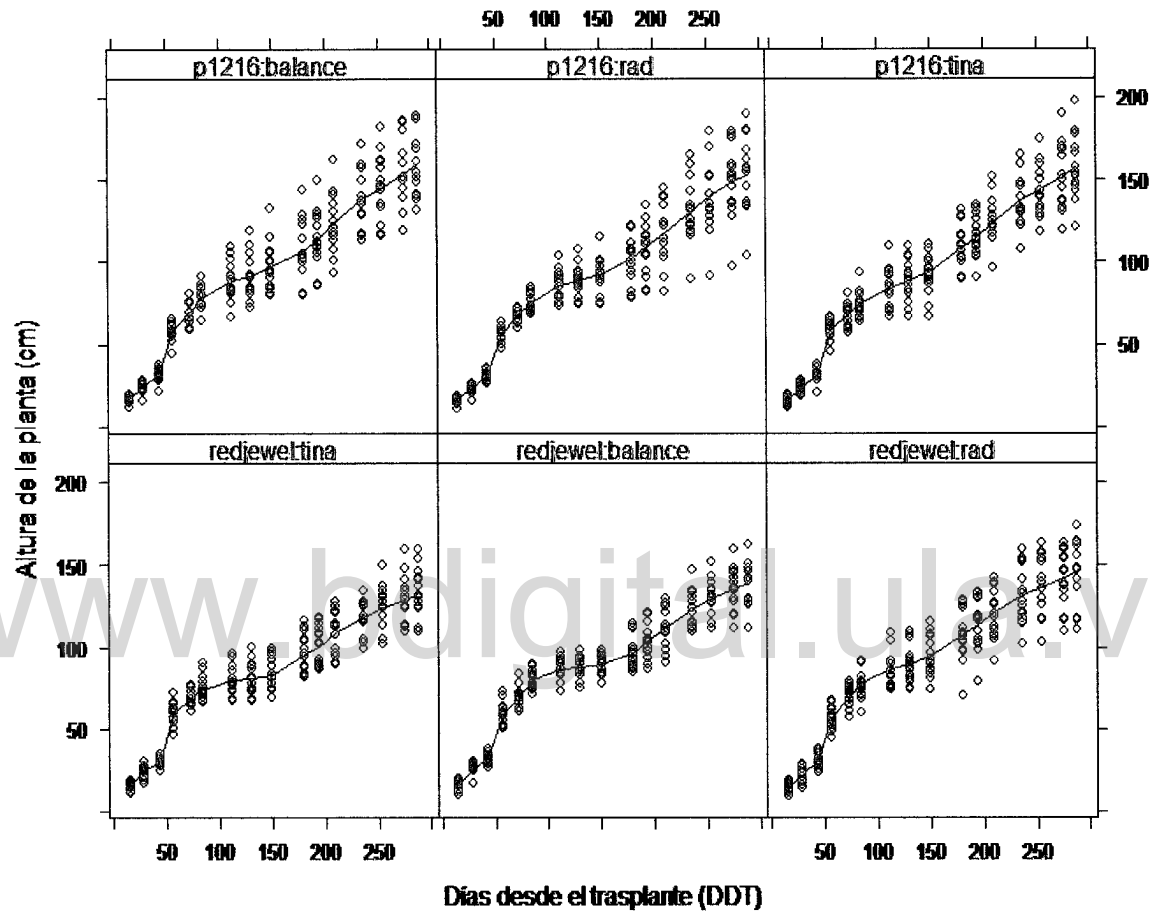


Figura 4.49. Tendencia del efecto tratamiento por híbrido sobre la altura de la planta

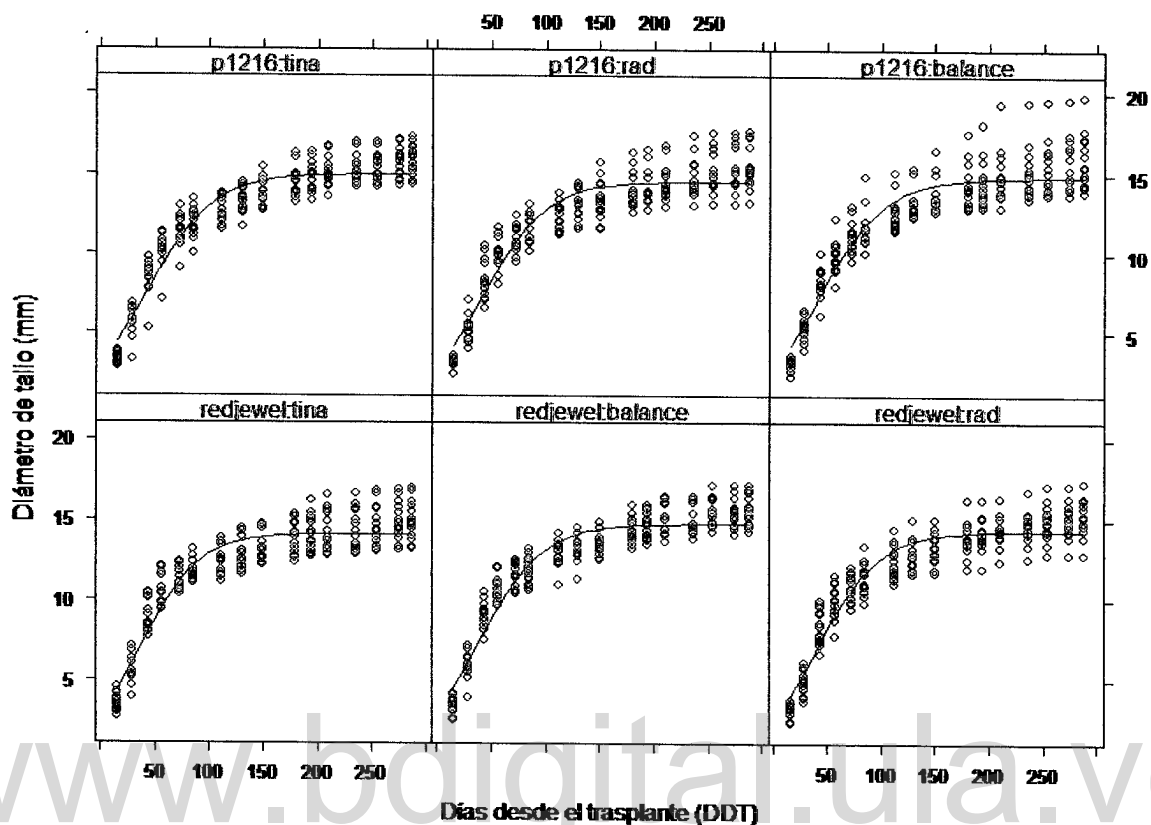


Figura 4.50. Tendencia del efecto tratamiento por híbrido sobre el diámetro del tallo.

En la Tabla 4.26 se muestra que el híbrido P1216 fue el que obtuvo la mayor altura de la planta, siendo estadísticamente diferente al híbrido Red Jewel F1, a lo largo del período de observación; sin embargo, para el mismo periodo de medición los métodos de la Tina y Balance estadísticamente fueron iguales.

La Tabla 4.27 muestra que para las fechas 15, 28 y 72 DDT los métodos de Tina y Balance fueron iguales pero difirieron al método de Radiación, por otra parte, para el final del período de medición sólo se determinó diferencia significativa entre los híbridos destacándose con mayor diámetro del tallo el híbrido P1216.

Tabla 4.26. Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada periodo de observación para la variable altura de la planta en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

DDT	ANOVA		Grupos Tratamientos Medias		
	F value Pr(>F)				
15	hibrido	4.6169 0.03454 *	a	p1216	16.98
	tratamiento	0.5434 0.58282	b	redjewel	15.83
	hibrido:tratamiento	0.3690 0.69251			
149	hibrido	4.1222 0.04549 *	a	p1216	94.37
	tratamiento	2.1904 0.11822	b	redjewel	89.63
	hibrido:tratamiento	2.5105 0.08730 .			
179	hibrido	3.8368 0.05346 .	a	p1216:tina	109.2
	tratamiento	0.3745 0.68879	a	redjewel:rad	108
	hibrido:tratamiento	4.2008 0.01825 *	ab	p1216:balance	107
			abc	p1216:rad	101.9
			bc	redjewel:balance	97.1
			c	redjewel:tina	95.83
193	hibrido	5.3491 0.02321 *	a	p1216:tina	115.1
	tratamiento	0.5549 0.57626	a	p1216:balance	114.2
	hibrido:tratamiento	3.3210 0.04097 *	ab	redjewel:rad	113.6
			abc	p1216:rad	109.7
			bc	redjewel:balance	103.9
			c	redjewel:tina	101
209	hibrido	6.4374 0.01305 *	a	p1216:balance	124.7
	tratamiento	0.3340 0.71704	a	p1216:tina	124.6
	hibrido:tratamiento	3.5318 0.03373 *	ab	redjewel:rad	121.9
			abc	p1216:rad	117.9
			bc	redjewel:balance	112
			c	redjewel:tina	109.1
235	hibrido	12.3665 0.0007114 ***	a	p1216:balance	138.8
	tratamiento	0.5433 0.5828963	a	p1216:tina	137.3
	hibrido:tratamiento	3.3234 0.0408839 *	ab	redjewel:rad	131.7
			ab	p1216:rad	131.3
			bc	redjewel:balance	123.1
			c	redjewel:tina	118.3
253	hibrido	13.1509 0.0004948 ***	a	p1216	143.8
	tratamiento	0.6299 0.5351748	b	redjewel	130.7
	hibrido:tratamiento	1.7839 0.1743545			
274	hibrido	17.3849 7.458e-05 ***	a	p1216	151.6
	tratamiento	0.8537 0.4296	b	redjewel	135.8
	hibrido:tratamiento	1.5677 0.2146			
287	hibrido	20.1996 2.241e-05 ***	a	p1216	156.9
	tratamiento	0.5514 0.5782	b	redjewel	139.6
	hibrido:tratamiento	1.8393 0.1654			

Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Letras diferentes "a", "b", "c" y "d" indican diferencia significativa.

Tabla 4.27. Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable diámetro del tallo en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

DDT	ANOVA		Grupos	Tratamientos	Medias
	F value	Pr(>F)			
15	hibrido	2.9435 0.08991 .	a	tina	3.452
	tratamiento	4.4387 0.01471 *	a	balance	3.369
	hibrido:tratamiento	2.2968 0.10686	b	rad	3.159
28	hibrido	0.3227 0.57151	a	tina	5.643
	tratamiento	4.0234 0.02145 *	a	balance	5.635
	hibrido:tratamiento	1.8121 0.16964	b	rad	5.122
72	hibrido	0.2577 0.61303	a	tina	11.36
	tratamiento	3.7099 0.02858 *	a	balance	11.35
	hibrido:tratamiento	1.1844 0.31097	b	rad	10.85
287	hibrido	4.1195 0.0456 *	a	p1216	15.76
	tratamiento	0.7997 0.4529	b	redjewel	15.24
	hibrido:tratamiento	0.6294 0.5355			

Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Letras diferentes "a", "b", "c" y "d" indican diferencia significativa.

4.9.7. Potenciales hídricos

El análisis de varianza se realizó para cada oportunidad de medición es decir una para la mañana y otra para horas del medio día. Los resultados se presentan en la Tabla 4.28, donde nos indica que para las mediciones realizadas a primeras horas de la mañana, antes del primer riego sólo se detectó diferencias significativas a lo largo del tiempo, como se puede observar en la Figura 4.51; en cuanto a los potenciales medidos en horas de medio día reflejaron diferencias significativas entre híbridos a los largo del período de mediciones, las Figuras 4.52 y 4.53 nos indica el diferente comportamiento de la pendiente en cada efecto.

Tabla 4.28. Análisis de varianza (ANOVA) para las variable de potenciales hídricos medidos en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

Fuentes de variación	Mañana		Tarde	
	F-value	p-value	F-value	p-value
ddt	8.1634	0.0063	1.9601	0.1679
hibrido	3.2293	0.2142	9.2563	0.0932
tratamiento	0.5871	0.5782	0.6122	0.5657
ddt:hibrido	3.0917	0.0851	5.0828	0.0288
ddt:tratamiento	0.4432	0.6446	1.2870	0.2855
hibrido:tratamiento	1.3281	0.3177	0.0596	0.9426
ddt:hibrido:tratamiento	0.4073	0.6677	0.2177	0.8052

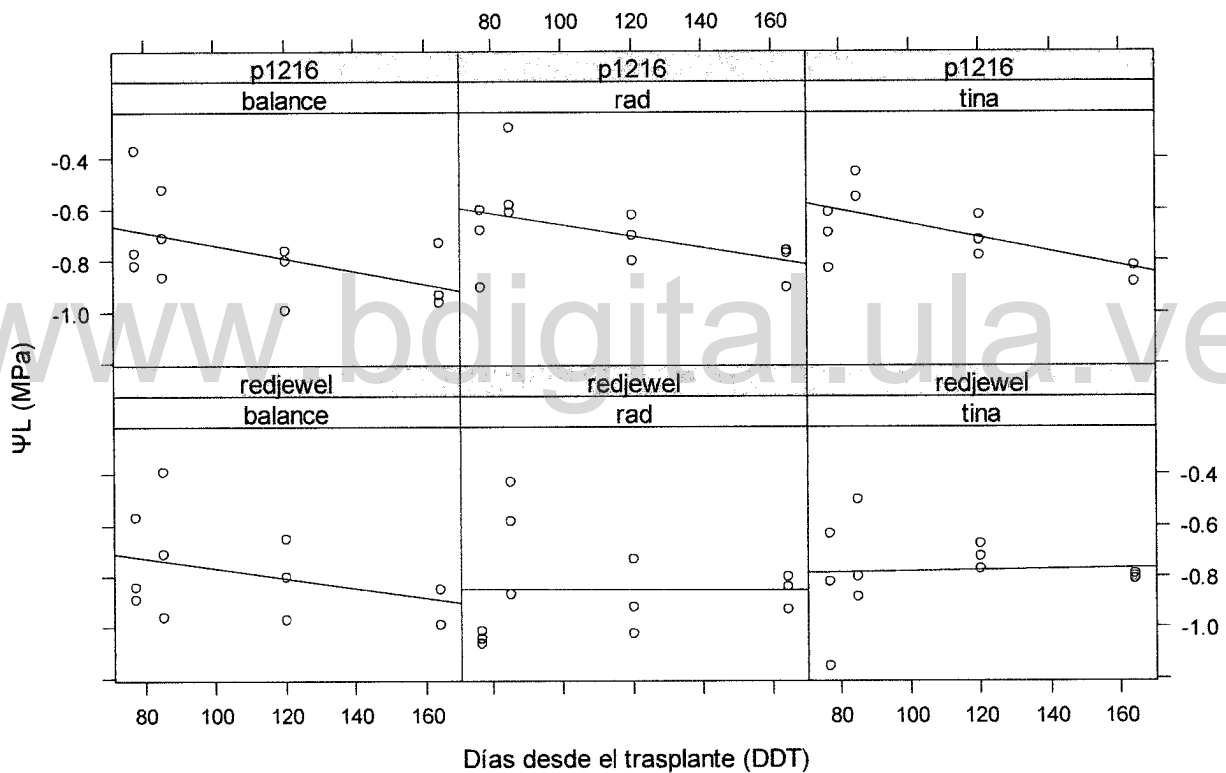


Figura 4.51. Tendencia de los efectos sobre el potencial hídrico medidos a primeras horas de la mañana.

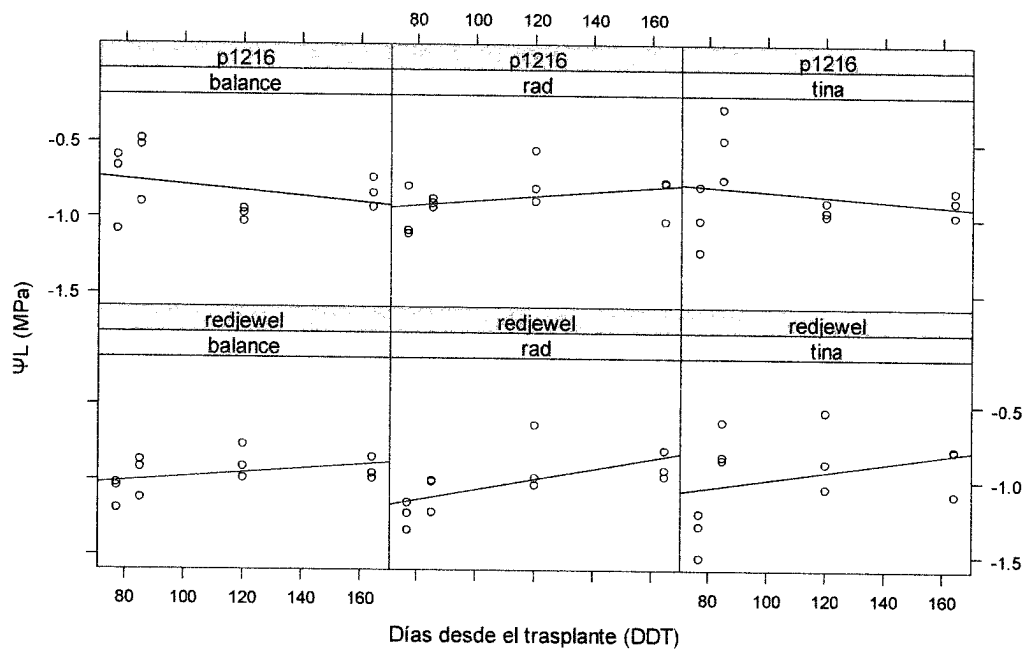


Figura 4.52. Tendencia de los efectos tiempo, tratamiento, híbrido sobre los potenciales hídricos medidos a horas de medio día.

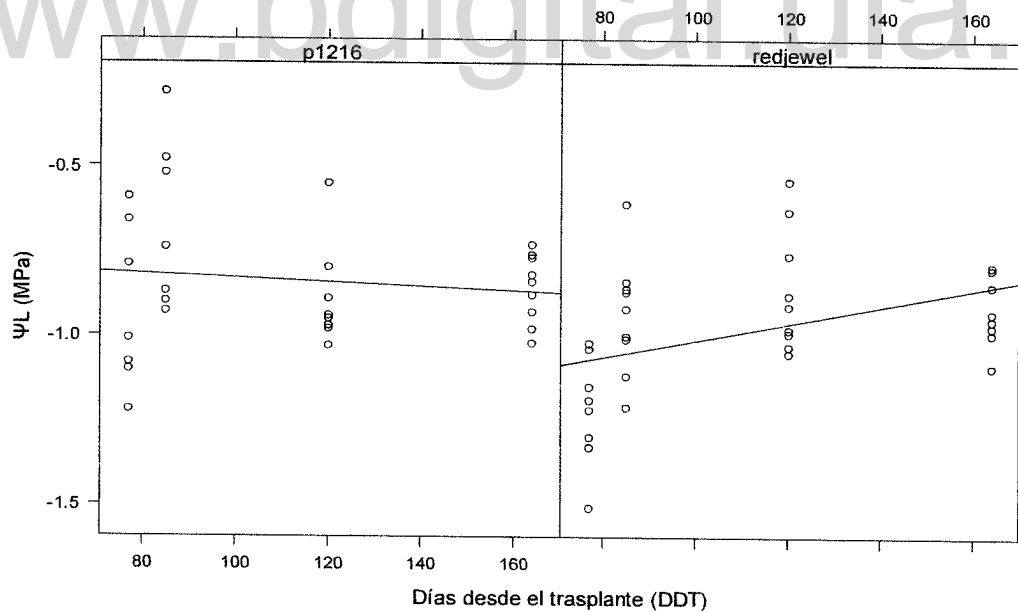


Figura 4.53. Tendencia del efecto híbrido sobre los potenciales hídricos medidos en horas del medio día.

En la siguiente Tabla se observa que existe diferencia significativa entre híbridos, donde el híbrido Red Jewel F1 fue el que obtuvo el valor más negativo de potenciales hídricos medidos en horas del medio día. Por otra parte existe significancia entre los tratamientos o métodos, donde el valor más negativo fue por el método de Radiación, siendo estadísticamente igual al método de balance y diferente al método de la Tina.

Tabla 4.29. Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable de potenciales hídricos medidos en horas del medio día en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

Análisis de varianza en horas del medio día en el cultivo de pimentón (<i>Capsicum annuum</i> L.).						
DDT	ANOVA			Grupos Tratamientos Medias		
		F value	Pr(>F)			
77	hibrido	12.6894	0.003908 **	a	p1216	-0.9244
	tratamiento	3.1325	0.080419 .	b	redjewel	-1.22
	hibrido:tratamiento	0.1099	0.896784			
85	hibrido	11.5034	0.005352 **	a	p1216	-0.6778
	tratamiento	7.0212	0.009572 **	b	redjewe	-0.9378
	hibrido:tratamiento	0.3826	0.690139			
				a	tina	-0.635
				ab	balance	-0.8017
				b	rad	-0.9867

Signif. códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 . 1

Letras diferentes "a", "b", "c" y "d" indican diferencia significativa.

4.9.8. Intercambio de gases.

El análisis de varianza para el factor de asimilación de CO₂ (A) mostró diferencias significativas entre tratamientos (p=0.0066), en cambio en la transpiración (T) no reflejó diferencias significativas; para la conductancia estomática se encontraron diferencias en el tiempo, estos resultados se presentan en la Tabla 4.30. En las Figuras 4.54 y 4.55 se observa las líneas de tendencia con distinta inclinación de los efectos tratamientos y tiempo sobre la tasa de asimilación (A) y conductancia estomática (gs), en las Figuras 4.56 y 4.57 se detalla que el comportamiento de la pendiente es similar para todos los efectos.

Tabla 4.30. Análisis de varianza (ANOVA) para las variable de intercambio de gases, asimilación de CO₂ (A), transpiración (E) y conductancia estomática (gs), en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

Fuentes de variación	A		E		gs	
	F-value	p-value	F-value	p-value	F-value	p-value
ddt	0.008	0.9291	0.98535	0.3259	4.89846	0.0318
hibrido	0.024	0.8916	0.23668	0.6747	0.11873	0.7633
tratamiento	10.037	0.0066	1.99093	0.1987	0.65944	0.5431
ddt:hibrido	0.272	0.6042	0.07999	0.7785	0.28815	0.5939
ddt:tratamiento	0.533	0.5904	1.44131	0.2467	0.16787	0.8460
hibrido:tratamiento	1.965	0.2022	0.04538	0.9559	0.12088	0.8877
ddt:hibrido:tratamiento	0.821	0.4460	0.03809	0.9627	0.88705	0.4187

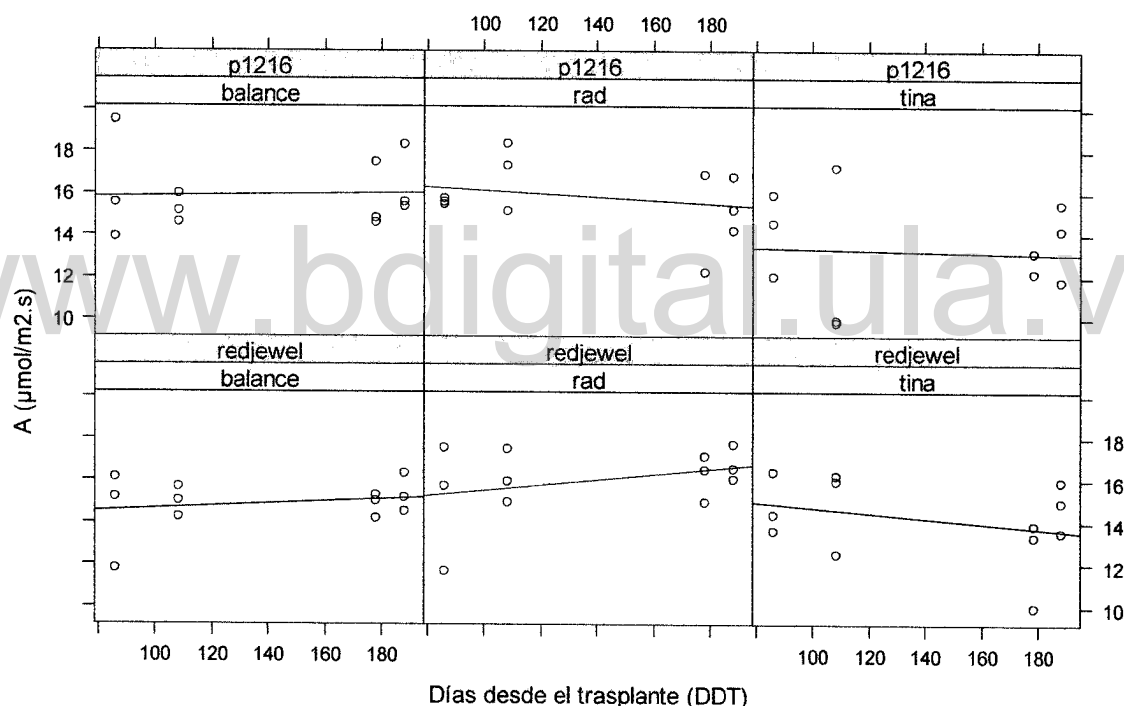


Figura 4.54. Tendencia de los efectos tiempo, tratamiento, híbrido sobre las tasas de asimilación de CO₂.

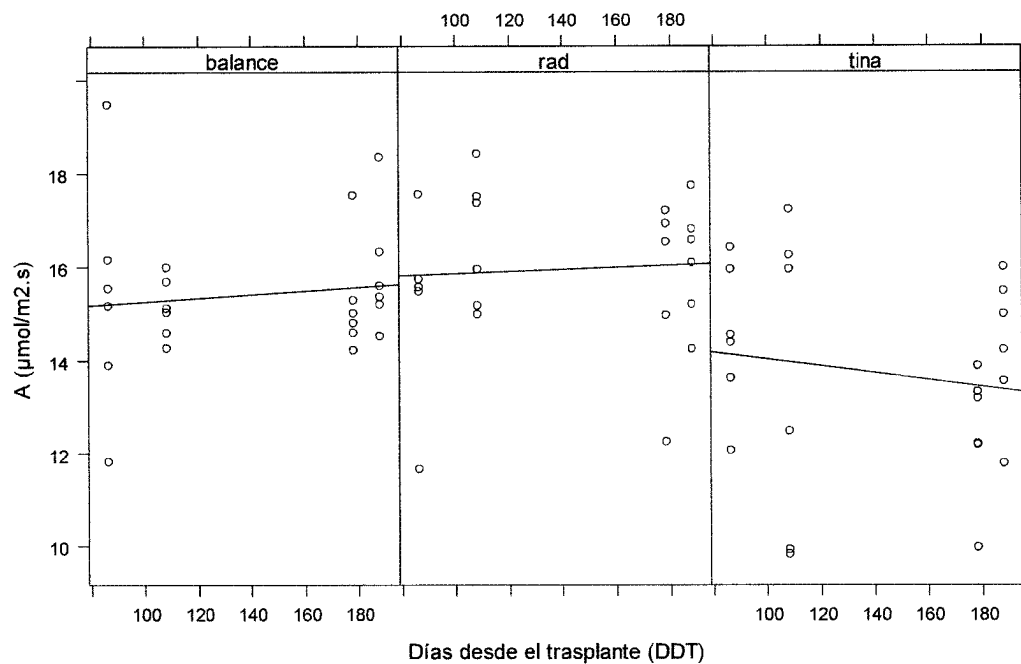


Figura 4.55. Tendencia de los efectos tratamiento sobre la tasa de asimilación de CO_2 .

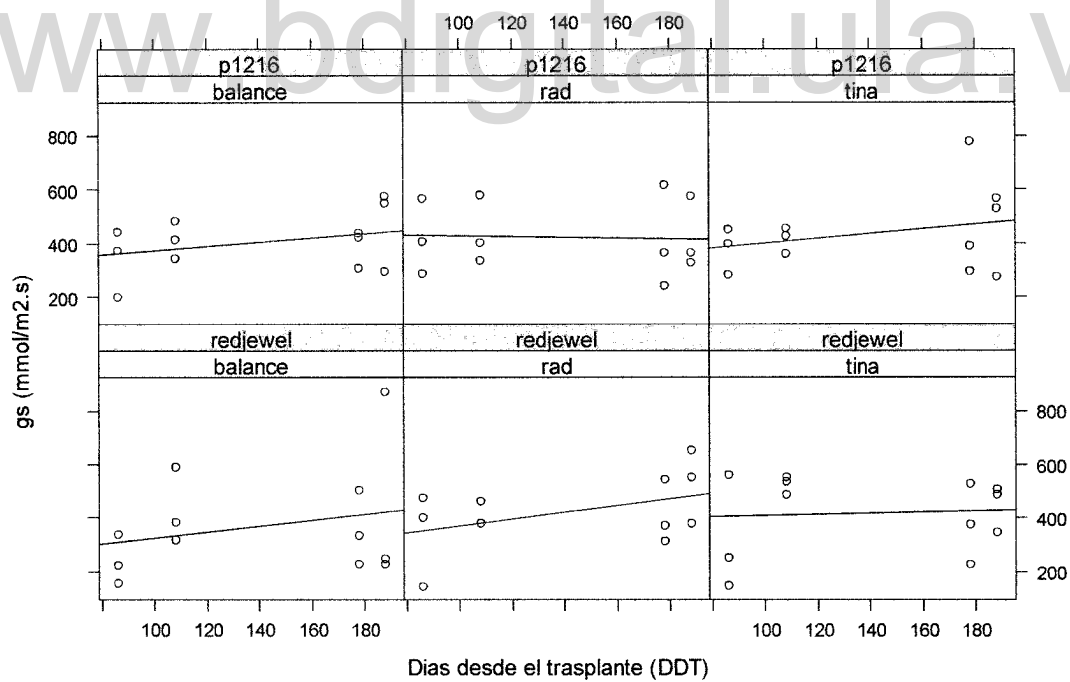


Figura 4.56. Tendencia del efecto tiempo sobre la conductancia estomática (g_s).

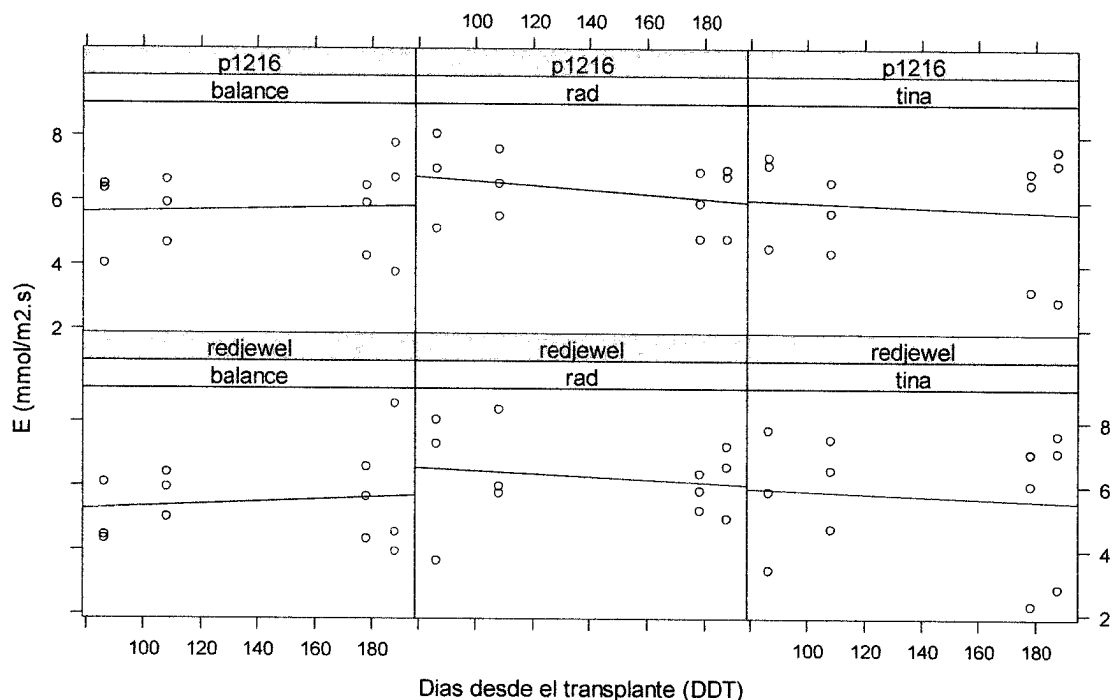


Figura 4.57. Tendencia de los efectos sobre la transpiración (E).

El análisis de varianza global mostrado en la Tabla 4.30 reflejó que para la variable de asimilación de CO₂ (A) hubo diferencia significativa entre los tratamientos. Al realizar los análisis por períodos de medición, se nota que el método de la Tina fue diferente al método de Radiación y Balance con menor asimilación de CO₂ (A) de 12.47 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, estos resultados se presentan en la Tabla 4.31.

Tabla 4.31. Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de medias mediante la prueba mínima de diferencia significativa (LSD) por cada período de observación para la variable de intercambio de gases medidos en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum L.*).

DDT	ANOVA			Grupos	Tratamientos	Medias
		F value	Pr(>F)			
178	hibrido	0.0008	0.977664	a	rad	15.81
	tratamiento	7.0576	0.009413 **	a	balance	15.25
	hibrido:tratamiento	0.3851	0.688489	b	tina	12.47

Signif. códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Letras diferentes "a", "b", "c" y "d" indican diferencia significativa.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ Los tres métodos de estimación de la evapotranspiración fueron adecuados para el manejo del riego; sin embargo, dieron resultados diferentes en lo que respecta a la demanda de agua.
- ✓ Existe buena correlación entre la evaporación medida por medio de la Tina clase “A” y la evaporación medida por medio del Evaporímetro; ubicados dentro del invernadero.
- ✓ La correlación entre la evaporación medida dentro del invernadero y la evaporación medida al aire libre; ambas obtenidas por medio de la Tina tipo “A”, no es adecuada, debido a las condiciones diferentes de clima.
- ✓ El modelo Kc-Tiempo térmico, propuesto por Fernández *et al.* (2010) resultó apropiado para la estimación del Kc de pimentón en condiciones de invernadero.
- ✓ La evapotranspiración promedio del cultivo para el método de Balance, fue de 1,48 mm/d; para el método de la Tina de 1,76 mm/d y para el método de Radiación de 2,90 mm/d.
- ✓ Al relacionar la Eto y Etc para obtener Kc se logró una curva característica para el cultivo de pimentón en condiciones de invernadero, ajustándose muy bien a la curva del Kc obtenida por el modelo propuesto por Fernández *et al.* (2010).
- ✓ La relación entre la evapotranspiración de referencia (Eto) y la evaporación medida desde la Tina tipo A, en invernadero, con un valor de Kp de 0,6533 y R^2 igual a 0,7018, es aceptable.

- ✓ El tiempo de riego promedio para cada uno de los métodos de estimación fueron: Balance: 24,24 min; Tina: 24,94 min y Radiación (fórmula para invernadero): 37,43 min.
- ✓ El volumen aplicado por unidad de área para cada tratamiento fue: Tina: 336.750 litros/m²; Balance: 327.300 litros/m² y Radiación: 505.300 litros/m².
- ✓ El método de Radiación fue mayor a los métodos de Tina y Balance en más del 50 % de la evapotranspiración obtenida y la cantidad de agua aplicada.
- ✓ Los métodos de Tina y Balance presentaron mejor relación en el uso eficiente del agua (kg/m³). Para el híbrido Red Jewel F1 el método de la Tina obtuvo un valor de: 21,74 kg/m³ y para el método de Balance fue de: 22,27 kg/m³; mientras que para el híbrido P1216 el valor obtenido por el método de la Tina fue de: 24,68 kg/m³ y por el método de Balance fue: 24,20 kg/m³. Valores similares a los reportados por Fernández *et al.*, 2012, en pimentón bajo invernadero y mayores a los reportados por Rodríguez (2010) con pimentón a campo abierto.
- ✓ De acuerdo con Gallardo *et al.* (2007) dentro del invernadero el uso eficiente del agua del cultivo es mayor que la del cultivo al aire libre. Debido a que dentro del invernadero las cantidades de agua aplicadas al cultivo son menores y sus rendimientos son mayores.
- ✓ Los valores de potenciales hídricos fueron menores a -1,5 MPa, esto quiere decir que las dosis de riego aplicados al cultivo evitó el cierre estomático.
- ✓ Se obtuvieron buenas tasas de asimilación por el método de Radiación, pero no se refleja en producción.
- ✓ El híbrido P1216 fue el que obtuvo mayor rendimiento en producción, pero estadísticamente no fue significativo con el híbrido Red Jewel F1.

✓ El método de Radiación fue el que dio mejor respuesta en producción; sin embargo, estadísticamente no es significativo con respecto a la producción obtenida por los métodos de Tina y Balance.

✓ El mayor porcentaje de frutos fueron de tamaño medianos (≥ 100 ; < 200 g) con una diferencia mayor al 50 % comparándolo con los de tamaño grandes (≥ 200 g) y pequeños (< 100 g). estos resultados concuerdan con los obtenidos por Patiño, A. (2012) donde obtuvo mayor porcentaje en la clasificación de frutos entre 100 y 200 gramos.

✓ El método de Balance para el híbrido P1216 dio una mejor respuesta de crecimiento de la planta. Rodríguez (2010) menciona en su trabajo que la disminución de la cantidad de riego, favorece el desarrollo como estrategia fisiológica para dirigir los fotosintetizados al desarrollo del tallo y en general, de la parte aérea de la planta.

✓ Se encontraron diferencias altamente significativas para las variables: Altura de la planta, diámetro del tallo y peso de fruto por planta. En cuanto al diámetro polar su diferencia entre híbridos y tratamientos fue significativa, mientras que en el diámetro ecuatorial sólo se detectó diferencia entre los cultivares.

✓ En cuanto a los potenciales hídricos foliares medidos en horas de la mañana se encontró diferencia en el tiempo, mientras que los potenciales medidos en horas del medio día hubo diferencia entre los híbridos.

✓ En las variables de Intercambio de Gases, para el factor de asimilación (A), hubo diferencia entre los tratamientos mientras que en conductancia estomática sólo se encontró diferencia en el tiempo.

✓ A pesar de las diferencias entre las láminas de riego aplicadas para el híbrido Red Jewel F1 la producción obtenida por cada tratamiento no presenta diferencias significativas. Mientras que en

el híbrido P1216 se incrementa un poco la producción en el método de Radiación; sin embargo, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos.

✓ No se presentaron problemas de plagas y enfermedades que fueran limitantes para el cultivo.

5.2. Recomendaciones

✓ Para el cálculo de las demandas de agua en el cultivo de pimentón dentro de invernadero, se recomienda utilizar el método de Balance y el método de la Tina tipo “A”, ya que a nivel de uso eficiente de agua dieron los mejores resultados y a nivel de producción fueron similares.

✓ Los resultados de correlación entre la evaporación obtenida por la Tina tipo “A” y la obtenida por el Evaporímetro, permiten proporcionar al productor una método más fácil de estimar las demandas de agua en un cultivo bajo invernadero, haciendo uso del Evaporímetro dentro de éste.

✓ Continuar con las investigaciones de riego en diferentes híbridos de pimentón con la finalidad de evaluar el comportamiento de otros cultivares.

✓ Repetir el ensayo las veces que sean necesarias para diferentes pisos altitudinales acorde al cultivo, con la finalidad de comparar resultados y lograr obtener un modelo de simulación para la automatización del invernadero en función de las demandas hídricas del cultivo.

✓ Antes de realizar el plan de siembra del cultivo de pimentón es necesario conocer las condiciones de clima de la zona, en especial la temperatura.

✓ Evaluar en diferentes zonas productoras de nuestro país como influye la temperatura en desarrollo y rendimiento de diferentes híbridos de pimentón dentro del invernadero.

✓ Para aumentar la producción de pimentón en invernadero de Venezuela se recomienda hacer uso de las nuevas tecnologías, como el control de las condiciones de clima, distribución y uso eficiente del agua y nutrientes y un buen manejo del cultivo.

✓ Realizar estudios sobre la movilidad y distribución de sales a lo largo de la red de riego, debido a la variabilidad de la CE y pH medidos en diferentes puntos de la red.

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aloni, B.; Jaleh, D.; Karni, L. 1991. Water relations, photosynthesis and assimilate partitioning in leavers of pepper (*Capsicum annuum*) transplants: Effect of water stress after transplanting. Journal of Horticultural Science 66: 75-80.
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos. Publicación de la FAO-56 (Español). Serie de Riego y Drenaje. Roma, Italia. 7, 12, 18, 78, 79, 81, 84 pp.
- Baeza, E. 2000. Caracterización de la ventilación natural en el invernadero tipo parral. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Almería. España.
- Cadahía, C. 2005. Fertirrigación, cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Editado por Cadahía López Carlos. Madrid: Mundi-Prensa.
- CAMPO (Compañía de Promoción Agrícola del Brasil). 2000. Fertigramas para el monitoreo de la fertilización en cultivos de las Granjas de CEDEGÉ. Península de Santa Elena. Ecuador.
- Castañón, G. 2000. Ingeniería del Riego, Utilización racional del agua. Madrid-España. 28, 144-150 pp.
- CIDIAT. 2012. Manual de estilo para la presentación de trabajos académicos de postgrado del CIDIAT-ULA. Mérida-Venezuela.
- Díaz R., 2005. El cultivo de hortalizas en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay, Venezuela. Serie manuales de cultivos. 192 pp.

FAO, 2002. Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos hidropónicos en invernaderos. Manual Práctico. 4 p.

FAO, 2006. Fichas Técnicas. Pimiento (*Capsicum annuum*). Características generales. Consulta el 24-09-2011 de la página web:

http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/PIMIEN TO.HTM.

Fernández, M. D. 2000. Necesidades hídricas y programación de riegos en cultivos hortícolas en invernadero y suelo enarenado de Almería. Tesis Doctoral, universidad de Almería. España.

Fernández, M. E.; Gyenge, J. E. 2000. Técnicas de Medición en Ecofisiología Vegetal. Ediciones INTA. Buenos Aires-Argentina. 79 p.

Fernández, M. D.; Orgaz, F.; Fereres, E.; López, J.C.; Céspedes, Pérez, J.; Bonachela, S.; Gallardo, M. 2001. Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español. Editorial (Caja Rural de Almería y Málaga). 71 pp.

Fernández, M. D.; Thompson, R. B.; Bonachela, S.; Gallardo, M.; Granados, M. R. 2012. Uso del agua de riego en los cultivos de invernadero. Cuaderno de estudios agroalimentarios (CEA03). Fundación Cajamar y Universidad de Almería. 120 p.

Gallardo, M.; Fernández, M. D.; Thompson, R.B.; Magán, J. J. 2007. Productividad del agua en cultivos bajo invernadero en la costa mediterránea. Universidad de Almería. Estación experimental de la fundación Cajamar, Almería. Vida Rural N° 259: 48-51. 2 p.

García, G. S. 2004. Biología 2. Editorial UMBRAL. 36 p.

Garzoli, K. V. 1989. Energy efficient greenhouses. Acta Horticulturae 537 (1): 431-448.

Grattan, S. R. 1993. Water quality guidelines for vegetable and row crops. In Drought tips N° 92-17.

Hisiao, T. 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Of Plant Physiol. 24:519-570.

Jaimez, R. E.; Cedeño, L.; Alba, A.; Añez, B.; Espinoza, W.; Rodríguez, V. 2010. Pimentón en invernadero. Primera Edición. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela. 11 p.

Jaimez, R. E.; Da Silva, R.; D' Aubeterre, A.; Allende, J.; Rada, F.; Figueiral, R. 2005. Variaciones microclimáticas en invernadero: Efecto sobre las Relaciones Hídricas e Intercambio de Gases en pimentón (*Capsicum annum*). Agrociencia 39:41-50.

Jensen, M. E.; Burman, R. D.; Allen, R. G. 1990. Evapotranspiración and Irrigation Water Requirements. ASCE Manual N° 70.

Jensen, M. E.; Robb, D. C. N.; Franzoy, C. E. 1970. Scheduling irrigations using climate.crop.soil data. Journal of the Irrigation and drainage division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. 159 (IRI): 25-27, 31, 32 pp.

Kuehl, R. O. 2001. Diseños de experimentos. 2^{da} Edición. Editorial Thompson Learning. 473, 480 pp.

Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernadero y su relación con el clima. Cuadernos de estudios agroalimentarios. ISSN: 23-44. 32 p.

- Núñez, F.; Gil, R.; Costa, J. 1995. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. 1era edición 1996. 76 p. Consulta en Febrero del 2013 de la página web:
http://books.google.co.ve/books?hl=es&lr=&id=O8fiJoRfPnQC&oi=fnd&pg=PA13&dq=variacion+t%C3%A9rmica%2Bpimiento%2Binvernadero&ots=faEtku7hPt&sig=8p6_ZBmDlIDBM5AIVVe891w6n3Fg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- Patiño, T. A. J. 2012. Efecto de la fuerza del sumidero sobre la fructificación y asimilación de CO₂ en *Capsicum annuum* L. (pimentón). Tesis de Grado Licenciatura. Universidad de los Andes-Mérida, Venezuela. 41 p.
- Pezeshki, S. R. and Sundstrom, F.J. 1988. Effect of soil anaerobiosis on photosynthesis of *Capsicum annum* L. *Scientia Horticulturae* 35: 27-35.
- Rázuri, L.; Romero, E.; Rosales, J.; Cañizalez, G. 2007. Estimación del estado hídrico del suelo por tensiometría para la programación y manejo del riego localizado en el cultivo de pimentón. *Agricultura andina. Revista del Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. Volumen 11. 47 p.
- Rázuri, L. *et al.*, 2003. Evaluación del funcionamiento de un sistema de riego localizado bajo la modalidad de cinta de goteo. 95 p.
- Reche, M. J. 2010. Cultivo de pimentón dulce en invernadero. Editorial Andalucía, S.L. España. 27, 24, 41, 42, 97, 98 pp.
- Rodríguez, P. R. A. 2010. Efecto del riego deficitario controlado en el cultivo de pimentón (*Capsicum annuum* L.), bajo riego localizado en la localidad de San Juan de Lagunillas, Mérida, Estado Mérida. Tesis de Maestría. Centro Interamericano de Desarrollo Ambiental y Territorial (DIDIAT). Mérida Venezuela. 103, 113 pp.

R version (2.15.1). 2012. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>.

Shany, M. 2003. Tecnología de producción bajo cobertura. Universidad Agraria del Ecuador. 3, 38, 52 pp.

Slfarm. 2004. Guía salinidad de suelos y aguas. Consulta en Marzo del 2013 de la página web: <http://www.slfarm.com/salinity.html>.

Trezza, R. 2008. Estimación de la evapotranspiración de referencia a nivel mensual en Venezuela. ¿Cuál método aplicar?. Bioagro 20(2): 89-95.2008. 91p.

Verlodd, H. 1990. Greenhouses in Cyprus, protected cultivation in the Mediterranean climate. FAO, Rome.

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

APÉNDICES

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

Apéndice A

A-1. Características del cultivar P1216

A-2. Características del cultivar Red Jewel F1

www.bdigital.ula.ve

Pimentón Híbrido RPP 1216

Alta productividad

RPP 1216:

Con frutos grandes y muy alargados, se han reportado en el Valle del Cauca altas producciones, siguiendo los lineamientos de un buen manejo agrónomico

CARACTERÍSTICAS:

Tipo de planta.	Crecimiento indeterminado
Tipo de fruto	Rectangular alargado, maduración verde a rojo
Peso de fruto	260 gramos en promedio
Tiempo de cosecha:	90 días después de trasplante
Tolerancia a enfermedades:	BLS 1 y 2, TMV, PVY y TEV y Stp.
BLS 1, 2 y 3 Mancha bacteriana (Xanthomona, razas 1y2) TMV Virus de mosaico del tabaco PVY Virus de Y de la papa TEV Virus "Etch" del tabaco	

RECOMENDACIONES AGRONÓMICAS:

Distancia de siembra	1,2 mts. x 0,40 mts. 1,5 mts. x 0,25 mts. al tresbolillo
Condición de cultivo:	Ideal para campo abierto o invernadero
Tutoraje	Obligatorio, plantas muy altas
Cosecha	Frutos verdes o rojos
Podá:	No es recomendable

Fertilizar siguiendo las recomendaciones de los análisis de suelo y los foliares. La experiencia dice que RPP 1216 responde a altas dosis de fertilizante, consulte con su ingeniero agrónomo.

VENTAJAS DE SEMBRAR RPP1216 :

CARACTERÍSTICA	BENEFICIO
Tolerancia a BLS 1 y 2.	Se puede cultivar en climas húmedos
Alta productividad	Alta rentabilidad
Pericarpio grueso.	Larga vida post cosecha
Gran Vigor	Defensa ante condiciones adversas

PRESENTACIONES:

Sobres de 50.000 semillas
Sobres de 25.000 semillas
Sobres de 5.000 semillas
Sobres de 2.000 semillas

Semilla producida por:

syngenta

www.syngenta.com.co semillas



Innovación en semillas de Alta tecnología

www.bdigital.ula.ve

Alliance Seeds

"Seeding the future together"

PEPPER - RED JEWEL F1

BLOCKY GREEN TO RED

DESCRIPTION:

PLANT

- Vigour - vigorous & strong plant
- Habit - medium plant, solid frame
- Leaf - good foliage cover

FRUIT

- Shape - elongated blocky shape
- Colour - dark shiny green to deep red
- Weight - 220-230 g
- Size - W 9-10cm X L 11-13cm
- Firmness - firm, very good shelf-life
- Thickness - 7mm
- Flavour - sweet



RESISTANCES / TOLERANCES:

- Resistance HR1 to TMV/Tobacco Mosaic Virus / PVY/Potato Virus Y races 0,1, 1-2, 1-PePMo V/Pepper Mottle Virus / PePYYMV (Pepper Yellow Mosaic Virus) / Xv Bacterial Spot races 1,2,3
- Tolerance to TMV/Tomato Spotted Wilt Virus

PRODUCTION SLOT:

- Open field or
- Protected crops (greenhouse or shade net)

RECOMMENDATIONS:

- 20 000 Plants/ha - Protected cropping
- 33 000 Plants/ha - Open Field

ADVANTAGES:

- Early and high global yield
- Shiny and deep colour at green or red stage harvest
- Very consistent fruit
- Numerous resistances and tolerances



TEL: (013) 750 0575
FAX: (013) 750 0656
info@allianceseeds.co.za

CLAUSE

DISCLAIMER

The descriptions, advice, suggestions and vegetation cycles that may be presented herein are aimed at experienced professionals and are offered on all good faith for purely informational purposes and shall not therefore, under any circumstances, be held to be exhaustive, be taken as any form of guarantee of harvest, prejudice specific factors or circumstances (either current or future) and more generally, form of any kind of contractual undertaking whatsoever.

The user must first and foremost ensure that his local geographical conditions, his planned growing period, his soil, the means at his disposal (such as technical knowledge and experience and culture techniques and operations), and his equipment and more generally his agronomical, climatic, sanitary, environmental and economic context are suitable for the crops, techniques and varieties that are presented herein.

The varieties described in this publication were photographed in favourable conditions and no guarantee can be provided that results will be identical under different conditions.

www.bdigital.ula.ve

Apéndice B

B-1. Valores de Kp. FAO-56

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

B-1

Tabla B-1. Coeficientes del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque Clase A para diversas localizaciones y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media de viento y de humedad relativa (Serie FAO Riego y drenaje N°. 24).

Tanque Clase A	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada				Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo			
HR media		baja < 40	media 40-70	alta > 70		baja < 40	media 40-70	alta > 70
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	Distancia del cultivo a barlovento (m)	Distancia del barbecho a barlovento (m)						
Baja	1	,55	,65	,75	1	,7	,8	,85
< 2	10	,65	,75	,85	10	,6	,7	,8
	100	,7	,8	,85	100	,55	,65	,75
	1 000	,75	,85	,85	1 000	,5	,6	,7
Moderada	1	,5	,6	,65	1	,65	,75	,8
2-5	10	,6	,7	,75	10	,55	,65	,7
	100	,65	,75	,8	100	,5	,6	,65
	1 000	,7	,8	,8	1 000	,45	,55	,6
Alta	1	,45	,5	,6	1	,6	,65	,7
5-8	10	,55	,6	,65	10	,5	,55	,65
	100	,6	,65	,7	100	,45	,5	,6
	1 000	,65	,7	,75	1 000	,4	,45	,55
Muy alta	1	,4	,45	,5	1	,5	,6	,65
> 8	10	,45	,55	,6	10	,45	,5	,55
	100	,5	,6	,65	100	,4	,45	,5
	1 000	,55	,6	,65	1 000	,35	,4	,45

www.bdigital.ula.ve

Apéndice C

C-1. Resultados del análisis de agua y del sustrato.

C-2. Resultados del análisis del sustrato.

C-3. Resultados del análisis fitopatológico del sustrato.

www.bdigital.ula.ve

REPORTE DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

SOLICITANTE: Lic. Carolina Valera CIDIAT

LUGAR DE CAPTACIÓN DE LA MUESTRA: Sector Santa Rosa IIAP-ULA - La Hechicera

NOMBRE DEL CAPTADOR : Lic. Carolina Valera

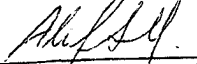
FECHA: Oct/2011

HORA:

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA
TEMP. DE LA MUESTRA	-	° C	DUREZA CALCICA	-	mg/L
TEMP. AMBIENTE	-	° C	DUREZA MAGNESICA	-	mg/L
OLOR	IND	-	CALCIO	-	mg/L
COLOR	-	U.C.	MAGNESIO	-	mg/L
pH	7,68	-	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	-	mg/L
TURBIEDAD	-	NTU	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	-	mg/L
ALCALINIDAD TOTAL	16,67	mg/L	SÓLIDOS TOTALES	162,4	mg/L
DUREZA TOTAL	12,0	mg/L	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO D.B.O	-	mg/L
HIERRO TOTAL	-	mg/L	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO D.Q.O	-	mg/L
FLUOR TOTAL	-	mg/L	OXIGENO DISUELTO O ₂ D	-	mg/L
CLORO RESIDUAL	Agua Cruda	mg/L	CONDUCTIVIDAD DEL AGUA	50	µS/cm
PH DE SATURACIÓN	-	mg/L	NITRATOS	0,52	mg/L
ALCALINIDAD DE SATURACIÓN	-	mg/L	NITRITOS	N.D.	mg/L
ÍNDICE Langelier	-	mg/L	SULFATOS	12,3	mg/L
ALUMINIO RESIDUAL	-	mg/L	CLORUROS	1,54	mg/L
DEMANDA DE CLORO	-	mg/L	FOSFATOS	N.D.	mg/L
NITROGENO AMONIACAL	-	mg/L	ZINC	-	mg/L
NITROGENO TOTAL	-	mg/L	COBRE	-	mg/L
			FOSFORO	-	mg/L

OBSERVACIONES: Agua con buenas características fisicoquímicas.

ELABORADO POR:


Lic. Ali Javier Sulbarán M.
 NOMBRE: Ali J. Sulbarán M. Rf 1 11956163-5
 CI: 11.956.163

www.bdigital.ula.ve



Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Estado Mérida
Laboratorio de Suelos

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Datos del cliente				Datos del informe	
Nombre:	Carolina Valera			Fecha de Recepción de Item(s):	17/10/11
Dirección:	Finca Hacienda Santa Rosa, Hechicera, Sector Santa Rosa, Municipio Libertador, Estado Mérida			Código:	IRE-MER-SUE-11-01247
Persona Contacto:	Carolina Valera	CI/RIF:	17.048.600	Centro:	Mérida
Teléfono:	0416 7723808	FAX:	-	Laboratorio(s):	Suelo
Correo Electrónico:				Contrato:	

Análisis con fines de fertilidad

Resultados

ENSAYOS	MUESTRAS (descripción / identificación del cliente / identificación de item(s))	
	Sustrato	
	M-1	
	11-MER-SUE-01302	

Análisis físico

% Arena	SGCL-IA-009	-
% Limo	SGCL-IA-009	-
% Arcilla	SGCL-IA-009	-
Textura	SGCL-IA-009	-

ANÁLISIS QUÍMICO

Fósforo Olsen (ppm)	SGCL-IA-001	148
Potasio (ppm)	SGCL-IA-005	194
Calcio (ppm)	SGCL-IA-007	1.514
Magnesio (ppm)	SGCL-IA-006	186
% Materia Orgánica	SGCL-IA-010	>6.9
pH 1:2.5	SGCL-IA-002	5.2
Conductividad Eléctrica 1:54 (dS/m-1)	SGCL-IA-008	0.67
Aluminio (meq/100g suelo)	Manual de Laboratorio	-

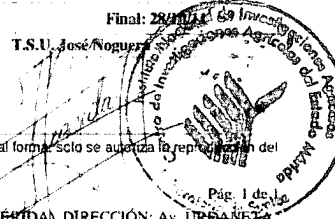
OBSERVACIONES

Pimentón

FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:

Inicio: 24/10/11

NOMBRE Y APELLIDO DEL JEFE DEL LABORATORIO:



FIRMA DEL JEFE DEL LABORATORIO:

Nota: Estos resultados se refieren únicamente a los items de ensayos suministrados por el usuario, de igual forma solo se autoriza la reproducción del informe en su totalidad con la autorización del Laboratorio emisor.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS DEL ESTADO MÉRIDA (INIA-MÉRIDA). DIRECCIÓN: Av. URBANETA
EDIFICIO INIA-MÉRIDA, MÉRIDA EDO. MERIDA. TELEFAX: (58 274) 2630090 / 2637941. www.inia.gob.ve

www.bdigital.ula.ve



Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Estado Mérida



INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA AL INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE:	Carolina Valera
DIRECCIÓN:	Finca Hacienda Santa Rosa, Hechicera, Sector Santa Rosa, Municipio Libertador, Estado Mérida
C.I. / RIF:	17.048.600

DATOS DEL INFORME

Código de Solicitud:	IRE-MER-SUE-11-01247
----------------------	----------------------

MUESTRAS

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE:	M-1
IDENTIFICACIÓN DE ÍTEM(S):	11-MER-SUE-01302

RESULTADOS

ANÁLISIS FÍSICO

% ARENA
% LIMO
% ARCILLA
TEXTURA

Grupo Textural

ANÁLISIS QUÍMICO

Fósforo Olsen (ppm)	148	A
Potasio (ppm)	194	A
Calcio (ppm)	1.514	A
Magnesio (ppm)	186	A
% Materia Orgánica	>6,9	
pH 1:2,5	5,2	a
Conductividad Eléctrica dS ^o m-1	0,67	n
Aluminio (meq/100 g suelo)	-	-
Cultivo1	Pimentón	
Cultivo2		

LEYENDA

Textura Gruesa: a: arenoso, aF: arena-francosa, Fa: franco-arenoso

Textura Media: FAa: franco-arcillo-arenoso, F: franco, FL: franco-limoso, FA: franco-arcilloso, Aa: arcillo-arenoso, L: limoso.

Textura Fina: A: arcilloso, AL: arcillo-limoso, FAL: franco-arcillo-limoso.

Rangos: A: alto, M: medio, B: bajo.

pH: a: ácido, ma: moderadamente ácido, N: neutro, mA: moderadamente alcalino, A: alcalino.

Conductividad Eléctrica (CE): n: normal, an: anormal.

www.bdigital.ula.ve

Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (Sede Mérida)

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

DATOS DEL CLIENTE		DATOS DEL INFORME	
Nombre:	Carolina Valero	Fecha:	17/10/11
Dirección:	Finca: Hacienda Santa Rosa Sector: Santa Rosa, La Hechicera Municipio Libertador Estado Mérida	Código:	IRE-MER-FIT-11-01248
Persona contacto:	Carolina Valero	Centro:	Mérida
Teléfono:	0416 7723808	Laboratorio(s):	Fitopatología

ANÁLISIS CON FINES MICROBIOLÓGICOS GENERAL

MUESTRAS (Tipo/Identificación cliente/Identificación del ítem)

ENSAYOS

Variables a reportar

M-1

Sustrato

11-MER-FIT-00681

DESTRUCTIVO

ANÁLISIS FITOPATOLÓGICO

HONGOS PATOGENICOS

<i>Fusarium sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Cercospora sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Alternaria sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Phytophthora infestans</i>	Manual de Laboratorio
<i>Colletotrichum sp</i> (Antracnosis)	Manual de Laboratorio
<i>Helminthosporium sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Esclerotio</i>	Manual de Laboratorio

positiva

HONGOS BENEFICOS

<i>Penicillium sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Rhizopus sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Aspergillus sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Trichoderma sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Saprofinicus</i>	Manual de Laboratorio
<i>Esporas de Micorrizas</i>	Manual de Laboratorio

positiva

BACTERIAS

<i>Bacterias no patogenicas</i>	Manual de Laboratorio
<i>Bacilo Gram</i>	Manual de Laboratorio
<i>Ralstonia sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Pseudomona sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Pectobacterium sp</i>	Manual de Laboratorio
<i>Clostridium sp</i>	Manual de Laboratorio

Positiva

NEMATODOS

<i>Nematodos filiformes</i>	Manual de Laboratorio
<i>Nematodos de quiste</i> (<i>Globodera sp</i>)	Manual de Laboratorio
<i>Nematodos Meloidogyne sp</i>	Manual de Laboratorio

Malezas / Plagas

	Manual de Laboratorio
	Manual de Laboratorio

VIRUS

<i>PVY</i>	Manual de Laboratorio
<i>PVS</i>	Manual de Laboratorio
<i>PVX</i>	Manual de Laboratorio
<i>PLRV</i>	Manual de Laboratorio

Cultivo 1

Cultivo 2

Pimenton

Observaciones

Fecha de realización de los ensayos:

INICIO: 17-10-11

FINAL: 24-10-11

Jefe del laboratorio:

Ing. MSc. Betty Paz

Firma:

Nota: Estos resultados se refieren únicamente a los ítem de ensayos suministrados por el usuario, de igual forma, solo se autoriza la reproducción del informe en su totalidad con la autorización del Laboratorio emisor.

Pág 1 de 1

Dirección: Av. Bolívar-Est. INTA - Al lado de la Embajada de China Mérida, Estado Mérida - Teléfono: 0274 2650090 www.inia.gub.ve

www.bdigital.ula.ve



LABORATORIO DE FITOPATOLOGIA

RECOMENDACIONES

Código:

SSS-MER-FIT-11-1248

11-MER-FIT- 00681

Cultivo: Pimentón

En los análisis de la muestra traída al laboratorio e identificada con el código 11-MER-FIT-00681, se detectó la presencia del hongo *Fusarium* sp.

Este hongo cuando ataca al cultivo impide en las plantas de pimentón su crecimiento y provocan su marchitez y muerte. La marchitez se desarrolla con especial rapidez en la floración o fructificación.

Las medidas a tomar en cuenta son de tipo cultural y preventivas:

- Sembrar en suelos con buen drenaje y evitar la excesiva humedad.
- Aplicar al momento de la siembra de semilleros y al momento del trasplante a campo definitivo el control biológico *Trichoderma harzianum* en dosis de 200 gr por cada 200 litros de agua.
- Realizar la fertilización nitrogenada con abonos en base a Nitrato, utilizar abono potásico, tomando en cuenta los análisis de fertilidad de dicho suelo.
- Si el suelo lo requiere hacer el encalado.
- Desinfectar los equipos de trabajo, las llantas del tractor con cal, los equipos agrícolas bañarlos con agua de lejía: más o menos unos 600 ml de lejía en 15 litros de agua.

El control químico no es recomendable, pues cuando la enfermedad está presente es difícil controlarla.

Ing. MSc. Betty Paz

Responsable de Servicios del Laboratorio de Fitopatología

90/107

Año 2009, 150 AÑOS DE LA GUERRA FEDERAL LIDERIZADA POR EL GENERAL DEL PUEBLO SOBERANO EZEQUIEL ZAMORA
El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, es un instituto autónomo, Adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras, dedicado a la
investigación agrícola desarrollo tecnológico, asesoramiento y prestación de servicios especializados Dirección:

www.bdigital.ula.ve

Apéndice D

D-1. Valores del coeficiente del cultivo de pimentón Kc

www.bdigital.ula.ve

D-1

Tabla D-1. Valores del coeficiente del cultivo de pimentón Kc

DDT	Kc	DDT	Kc	DDT	Kc
0	0,2	33	0,34	66	0,78
1	0,2	34	0,35	67	0,79
2	0,2	35	0,36	68	0,80
3	0,2	36	0,38	69	0,82
4	0,2	37	0,40	70	0,83
5	0,2	38	0,41	71	0,85
6	0,2	39	0,42	72	0,86
7	0,2	40	0,44	73	0,88
8	0,2	41	0,45	74	0,89
9	0,2	42	0,47	75	0,91
10	0,2	43	0,48	76	0,92
11	0,2	44	0,49	77	0,93
12	0,2	45	0,51	78	0,95
13	0,2	46	0,52	79	0,96
14	0,2	47	0,53	80	0,97
15	0,2	48	0,55	81	0,99
16	0,2	49	0,56	82	1,00
17	0,2	50	0,57	83	1,01
18	0,2	51	0,58	84	1,03
19	0,2	52	0,60	85	1,04
20	0,2	53	0,61	86	1,05
21	0,2	54	0,62	87	1,07
22	0,2	55	0,63	88	1,08
23	0,2	56	0,65	89	1,09
24	0,20	57	0,66	90	1,11
25	0,22	58	0,67	91	1,12
26	0,23	59	0,68	92	1,13
27	0,25	60	0,70	93	1,15
28	0,26	61	0,71	94	1,16
29	0,27	62	0,72	95	1,17
30	0,29	63	0,74	96	1,19
31	0,31	64	0,75	97	1,21
32	0,32	65	0,76	98	1,22

www.bdigital.ula.ve

Tabla D-1. Continuación.

DDT	Kc	DDT	Kc	DDT	Kc
99	1,24	131	1,4	163	1,4
100	1,25	132	1,4	164	1,4
101	1,26	133	1,4	165	1,4
102	1,28	134	1,4	166	1,4
103	1,29	135	1,4	167	1,4
104	1,31	136	1,4	168	1,4
105	1,32	137	1,4	169	1,4
106	1,34	138	1,4	170	1,4
107	1,36	139	1,4	171	1,4
108	1,37	140	1,4	172	1,4
109	1,39	141	1,4	173	1,4
110	1,4	142	1,4	174	1,4
111	1,4	143	1,4	175	1,4
112	1,4	144	1,4	176	1,4
113	1,4	145	1,4	177	1,4
114	1,4	146	1,4	178	1,4
115	1,4	147	1,4	179	1,4
116	1,4	148	1,4	180	1,4
117	1,4	149	1,4	181	1,4
118	1,4	150	1,4	182	1,4
119	1,4	151	1,4	183	1,4
120	1,4	152	1,4	184	1,4
121	1,4	153	1,4	185	1,4
122	1,4	154	1,4	186	1,4
123	1,4	155	1,4	187	1,4
124	1,4	156	1,4	188	1,4
125	1,4	157	1,4	189	1,4
126	1,4	158	1,4	190	1,4
127	1,4	159	1,4	191	1,4
128	1,4	160	1,4	192	1,4
129	1,4	161	1,4	193	1,4
130	1,4	162	1,4	194	1,4

www.bdigital.ula.ve

Tabla D-1. Continuación.

DDT	Kc	DDT	Kc	DDT	Kc
195	1,4	225	1,4	255	1,4
196	1,4	226	1,4	256	1,4
197	1,4	227	1,4	257	1,4
198	1,4	228	1,4	258	1,4
199	1,4	229	1,4	259	1,4
200	1,4	230	1,4	260	1,4
201	1,4	231	1,4	261	1,4
202	1,4	232	1,4	262	1,4
203	1,4	233	1,4	263	1,4
204	1,4	234	1,4	264	1,4
205	1,4	235	1,4	265	1,4
206	1,4	236	1,4	266	1,4
207	1,4	237	1,4	267	1,4
208	1,4	238	1,4	268	1,4
209	1,4	239	1,4	269	1,4
210	1,4	240	1,4	270	1,4
211	1,4	241	1,4	271	1,4
212	1,4	242	1,4	272	1,4
213	1,4	243	1,4	273	1,4
214	1,4	244	1,4	274	1,4
215	1,4	245	1,4	275	1,4
216	1,4	246	1,4	276	1,4
217	1,4	247	1,4	277	1,4
218	1,4	248	1,4	278	1,4
219	1,4	249	1,4	279	1,4
220	1,4	250	1,4	280	1,4
221	1,4	251	1,4	281	1,4
222	1,4	252	1,4	282	1,4
223	1,4	253	1,4	283	1,4
224	1,4	254	1,4		

www.bdigital.ula.ve

Apéndice E

E-1. Resultados del análisis foliar

www.bdigital.ula.ve



EDAFOFINCA C. A.
Laboratorio de Suelos, Aguas,
Abonos y Foliare
RIF: J-07502516-4

Cagua, 25 de junio de 2012

ANÁLISIS DE TEJIDOS

IIAP - Universidad de Los Andes - Av. Principal Chorro de Milla, Campus Universitario Forestal, Edificio Principal, Mérida, Edo Mérida - Teléfono: 0274-240 15 01 - 240 15 02			
Agricultor: Ing. Luis Ramón Rázuri R. - Cel.: 0414 748 74 21 - E-Mail: luisrazuri@gmail.com - Cultivo: Huevo			
Registro	101.139	101.140	Niveles Medios Para Huevo a Inicio de Fructificación (P. Solórzano, 2001*)
Identificación	Hojas Inferiores	Hojas Superiores	
Nitrógeno %	3.81	4.61	3.70
Fósforo %	0.30	0.34	0.30
Potasio %	4.32	5.26	3.40
Calcio %	2.99	2.01	1.00
Magnesio %	0.54	0.43	0.40
Azufre %	0.41	0.40	0.20
Hierro ppm	66	78	45
Cobre ppm	24	7	4
Zinc ppm	179	138	26
Manganeso ppm	174	163	33

* Manual para la fertilización de cultivos en Venezuela (Pág. 171)


Agustín Pérez Camargo

www.bdigital.ula.ve