

**FENOLOGÍA Y CRECIMIENTO DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*  
(*Cav.*)*Sendt*), CULTIVADO CON COBERTURAS PLÁSTICAS EN EL SUELO.**

**JENNY DEL CARMEN CASTRO PADILLA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Magíster en Ciencias Agrarias con Énfasis en Producción de Cultivos**

**DIRECTOR:**

**HERNANDO CRIOLLO ESCOBAR M. Sc., Ph.D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
CON ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN DE CULTIVOS  
SAN JUAN DE PASTO**

**2014**

"Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor".

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

Oscar Eduardo Checa Coral  
Jurado

---

María Elena Solarte  
Jurado

---

Diego Miranda Lasprilla  
Jurado

---

Hernando Criollo Escobar  
Presidente

---

San Juan de Pasto, 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a la virgen, por darme la fuerza y la voluntad de seguir y salir adelante en el proyecto de mi vida.

A mis padres por brindarme su incondicional apoyo, que llevaron a culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Al profesor y amigo, Hernando Criollo Escobar. I.A. Ph.D. por las enseñanzas, orientación, paciencia y amistad

Álvaro Castillo, por sus consejos, que ayudaron a culminar exitosamente mi trabajo.

Jorge Vélez, por su ayuda y apoyo incondicional en el desarrollo de mi trabajo de grado.

A mis compañeros de maestría Sandra Lorena Álvarez, Olga Lucía Benavides, William Díaz, Bayardo Yépez, Francisco Alpala, Jorge Castro, Noé Albán, Jairo Angulo, Ever Caicedo y Luis Fernando Moreno por su apoyo consejos y amistad.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser esencia de mi vida, por darme la fuerza de seguir adelante, construyendo sueños que hoy son una realidad.

A Bolívar Castro López mi padre, Elvira Padilla Padilla mi madre, por ser cómplices de mis sueños, apoyarme en cada etapa de mi vida y enseñarme que para salir adelante solo hace falta saber cómo soñar.

A Jesús Antonio Rodríguez mi amado esposo, quién llegó a mi vida en el momento más oportuno, me brindó su amor, apoyo y confianza en la construcción de los escalones en mi vida.

A todos los que confiaron en mí, y me brindaron su apoyo incondicional para seguir adelante

## TABLA DE CONTENIDO

	Pag
I. INTRODUCCIÓN	18
II. OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo general	20
2.2 Objetivos específicos	20
III MARCO TEORICO	21
3.1 ASPECTOS GENERALES DEL TOMATE DE ÁRBOL	21
3.1.1 Descripción Botánica	21
3.1.2 Requerimientos del tomate de árbol	23
3.1.2.1 Clima	23
3.1.2.2 Suelo	23
3.1.2.3 Fertilización	24
3.2 FENOLOGÍA EN FRUTALES	24
3.2.1 Crecimiento	25
3.2.2 Desarrollo	25
3.3 ANALISIS DE CRECIMIENTO EN PLANTAS	28
3.3.1 Área foliar	29

3.3.2	Índice de Área Foliar (IAF)	29
3.3.3	Tasa de Asimilación Neta (TAN)	29
3.3.4	Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)	29
3.3.5	Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)	30
3.4	DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA	30
3.5	FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS	32
3.5.1	Efecto de la temperatura y agua en el crecimiento de plantas	33
3.6	USO DE PLÁSTICOS EN LA AGRICULTURA	34
3.6.1	Efectos del Acolchado Plástico	36
3.6.1.1	Control de temperatura en el suelo	36
3.6.1.2	Humedad en el suelo	36
3.6.1.3	Control de malezas	37
3.6.1.4	Mejoramiento del medio terrestre	38
3.6.1.5	Mejoramiento del medio aéreo	38
3.6.2	Efecto del color del plástico	39
IV	DISEÑO METODOLOGICO	41
4.1	LOCALIZACION	41
4.2	AREA EXPERIMENTAL	41
4.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	41

4.3.1	Tratamientos	41
4.4	SIEMBRA DEL MATERIAL VEGETAL	42
4.5	Instalación de los tratamientos	42
4.6	MANEJO AGRONÓMICO	42
4.6.1	Preparación del terreno y siembra	42
4.7	VARIABLES EVALUADAS	43
4.7.1	Temperatura suelo – ambiente	43
4.7.2	Fenología de plantas	43
4.7.2.1	Días a primera Poda	43
4.7.2.2	Aparición del órgano floral	44
4.7.2.3	Floración	44
4.7.2.4	Formación de frutos	44
4.7.2.5	Maduración de frutos	44
4.7.2.6	Diámetro polar de frutos	44
4.7.2.7	Diámetro ecuatorial de frutos	44
4.7.2.8	Rendimiento	45
4.7.3	Biomasa seca	45
4.7.4	ANÁLISIS DE CRECIMIENTO	45
4.7.4.1	Área Foliar (AF)	45



4.7.4.2	Índice de Área Foliar (IAF)	46
4.7.4.3	Tasa de Asimilación Neta (TAN)	46
4.7.4.4	Tasa de Crecimiento de Cultivo (TCC)	46
4.7.4.5	Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)	47
4.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
V.	RESULTADOS Y DISCUSION	48
5.1	Temperatura Ambiente	48
5.2	Temperatura Suelo	50
5.3	FENOLOGÍA DE LAS PLANTAS	50
5.3.1	Fase vegetativa	55
5.3.1.1	Germinación	55
5.3.1.2	Desarrollo de las hojas tallo principal	55
5.3.1.2	Días a poda de formación	57
5.3.2	Fase reproductiva	58
5.3.2.1	Aparición del órgano floral	58
5.3.2.2	Floración	59
5.3.2.3	Formación de fruto	60
5.3.2.4	Maduración de frutos	61
5.3.2.5	Diámetro polar de frutos maduros	61

5.3.2.6	Diámetro ecuatorial de frutos maduros	61
5.3.2.7	Rendimiento	62
5.4	BIOMASA SECA	63
5.4.1	Biomasa seca total	63
5.4.2	Biomasa seca de tallos	65
5.4.3	Biomasa seca de hojas	66
5.4.4	Biomasa seca de raíz	68
5.4.5	Biomasa seca de flores	69
5.4.6	Biomasa seca de frutos	70
5.5	ANALISIS DE CRECIMIENTO	72
5.5.1	Área foliar	72
5.5.2.	Índice de área foliar	74
5.5.3	Tasa de Asimilación Neta	76
5.5.4	Tasa de Crecimiento del Cultivo	79
5.5.5.	Tasa de Crecimiento Relativo	81
6.	CONCLUSIONES	84
7.	RECOMENDACIONES	86
8.	LITERATURA CITADA	87
9.	ANEXOS	100

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Codificación BBCH (Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt Chemise) de los estados fenológicos para *Solanaceas*. 53
- Tabla 2. Tiempo requerido en plantas de tomate de árbol para aparición del órgano floral 58

## LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Temperatura ambiental. Temperatura máxima y mínima (promedio mensual) observados en la Vereda La Pradera, municipio de Pasto.	49
Figura 2. Temperatura promedio mensual del suelo a una profundidad de 0,20m en el lote experimental ubicado en la Vereda La Pradera Pasto.	51
Figura 3. Fenología de la germinación de tomate de árbol ( <i>Solanum betaceum</i> (Cav.)Sendt) en las condiciones de la vereda La Pradera municipio de Pasto.	56
Figura 4. Transplante a sitio definitivo y poda de tomate de árbol.	57
Figura 5. Fase Reproductiva. Estados de desarrollo fenológico de tomate de árbol en la vereda la Pradera municipio de Pasto.	59
Figura 6. Fenología del tomate de árbol cultivado en la vereda La Pradera municipio de Pasto.	64
Figura 7. Biomasa seca de tallo en (g) en plantas de Tomate de árbol ( <i>Solanum betaceum</i> (Cav) Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; vereda la Pradera municipio de Pasto	65
Figura 8. Biomasa seca de hojas en (g) en plantas de Tomate de árbol ( <i>Solanum betaceum</i> (Cav) Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; vereda la Pradera municipio de Pasto	67

- Figura 9. Biomasa seca de raíz en (g) en plantas de Tomate de árbol 68  
(*Solanum betaceum* (Cav) Sendt) a través del tiempo en los  
tratamientos con y sin cobertura; vereda la Pradera municipio de  
Pasto
- Figura 10. Biomasa seca de flores de Tomate de árbol (*Solanum betaceum* 70  
(Cav) Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin  
cobertura; vereda la Pradera municipio de Pasto
- Figura 11. Biomasa seca de frutos en plantas de Tomate de árbol 71  
(*Solanum betaceum* (Cav) Sendt) a través del tiempo en los  
tratamientos con y sin cobertura; vereda la Pradera municipio de  
Pasto
- Figura 12. Comportamiento del área foliar en plantas de tomate de árbol 73  
(*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los  
tratamientos con y sin cobertura; Vereda La Pradera municipio  
de Pasto.
- Figura 13. Comportamiento del IAF en plantas de tomate de árbol 75  
(*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los  
tratamientos con y sin cobertura; Vereda La Pradera municipio  
de Pasto
- Figura 14. Comportamiento de la TAN en plantas de tomate de árbol 77  
(*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los  
tratamientos con y sin cobertura; Vereda La Pradera municipio  
de Pasto

Figura 15. Comportamiento de la TCC en plantas de tomate de árbol 79  
(*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los  
tratamientos con y sin cobertura; Vereda La Pradera municipio  
de Pasto

Figura 16. Comportamiento de la TCR en plantas de tomate de árbol 82  
(*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los  
tratamientos con y sin cobertura; Vereda La Pradera municipio  
de Pasto.

## LISTA DE ANEXOS

	Pag
Anexo A. Mapa de campo. Lote experimental. Vereda La Pradera municipio de Pasto.	100
Anexo B. Registro de temperaturas máximas y mínimas durante el periodo experimental; promedios mensuales. Vereda La Pradera municipio de Pasto.	101
Anexo C. Registro de temperaturas de suelo a una profundidad de 20 cm; promedios mensuales. Vereda La Pradera municipio de Pasto.	102
Anexo D. Prueba de t para el estado de desarrollo de aparición del órgano floral	103
Anexo E. Prueba de t para estado de desarrollo de floración	103
Anexo F. Prueba de t para el estado de formación de fruto	104
Anexo G. Prueba de t para estado de maduración de fruto	104
Anexo H. Prueba de t para diámetro polar de frutos maduros	105
Anexo I. Prueba de t para diámetro ecuatorial de frutos maduros	105
Anexo J. Prueba de t para rendimiento	106

## RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objeto de evaluar el efecto del uso de la cobertura plástica en el suelo sobre algunos aspectos fisiológicos y fenológicos del con Tomate de Árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Send) en la Vereda La Pradera municipio de Pasto, departamento de Nariño, ubicada a una altura de 2000 msnm, con temperatura media de 14 °C, precipitación pluvial media anual 1650mm/año y humedad relativa del 82% y en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad de Nariño, ubicado a una altura de 2488 m-s-n-m., ciudad universitaria Torobajo. Mensualmente se realizaron muestreos destructivos para determinar, área foliar (AF) y materia seca (MS), para la obtención de los modelos de crecimiento a partir del análisis funcional para los índices IAF, TAN TCR y TCC; además se realizaron observaciones sobre los diferentes estados presentados. Los tratamientos evaluados fueron suelo con cobertura plástica negra y sin la cobertura. El comportamiento de las diferentes variables de crecimiento se ajustaron a ecuaciones polinómicas de tercer orden en todas las variables de evaluación (AF, IAF, TAN, TCR, TCC, BHS, BFLS), que expresan su comportamiento en función del tiempo.

**Palabras clave:** (*Solanum betaceum* (Cav.)Send), desarrollo fenológico, área foliar, materia seca, índices de crecimiento



## ABSTRAC

This research was performed with the purpose of evaluating the effect on the use of a plastic cover on the ground and some physiological and phenological aspects of tamarillo plant (*Solanum betaceum* (Cav.) Send) in the path La Pradera on the municipality of Pasto, in Nariño Department, the path is located at 2000m above sea level, with an average of temperature of 14°C, an average of rainfall of 1650mm per year and a relative moisture of 82% and in the Vegetal Physiological Lab of Nariño University, which is located at 2488m above sea level; college campus of Torobajo. Destructive samplings were developed every month to determine the phenological development states, leaf area (LA) and dry matter (DM), to get the growth models by the functional analysis for the indexes LAI, NAR, RGR and CGR. The evaluated treatments were on tamarillo plants in a ground with a dark plastic cover and with a ground without any cover. The behavior of the distinct growth variables was adjusted to the quadratic equations (BST, BTS, BRS) and the multi-nominal factors (LA, LAI, RGR, CGR, BSH, BFLS), which express its behavior over the time function.

**Key Words:** (*Solanum betaceum* (Cav.) Send), phenological, leaf area, dry matter, growth indexes.

## INTRODUCCION

En Colombia, existen alrededor de 7.281 hectáreas cultivadas de tomate de árbol con una producción de 130.400 t/año, concentrados en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Nariño y Huila (Agronet, 2011).

El tomate de árbol para su crecimiento depende de números factores que afectan su desarrollo fisiológico entre los que cabe mencionar la variedad, iluminación, temperatura nutrición, suministro de agua que actúan en un complejo de interacciones, ante esta situación surge la necesidad de realizar un manejo más eficiente de estos recursos (Bernal, *et al.*, 2003).

La importancia que tiene el tomate de árbol en la fruticultura colombiana se puede deducir de su alta tasa de crecimiento la cual fue de 6,3% entre los años de 1992 y 2003 ocupando un cuarto puesto detrás de los cítricos piña y mango, a pesar de este incremento, la productividad de este frutal, alcanza niveles que están por debajo del rendimiento potencial (0,7% anual) debido a la baja oferta tecnológica disponible para esta especie (Agronet, 2011).

En el departamento de Nariño, a pesar de los estudios realizados, el desarrollo de estos se ve limitado no sólo por razones de tipo económico, sino también por la baja de conocimientos. Se desconocen los principios básicos del comportamiento de tomate de árbol, en cuanto a su desarrollo fenológico, fisiológico, ocasionando un bajo rendimiento con el actual manejo que presenta. Por lo tanto, es necesario realizar estudios con tendencia a mejorar las condiciones actuales que tiene y ofrecer a los agricultores una tecnología que permita optimizar el rendimiento de este frutal.

En el desarrollo de técnicas agrícolas con el fin de conseguir mejores resultados, en cuanto a eficiencia en los cultivos, una de las más importantes es la utilización de coberturas plásticas, ofreciendo un mejor aprovechamiento de los recursos

naturales (agua, suelo, etc.) genera el incremento de temperatura en el suelo reduciendo las fluctuaciones de temperatura; incrementando la temperatura mínima y el contenido de humedad del suelo, producen también un ambiente ideal para proteger las raíces, conservando el nivel de humedad necesario evitando que proliferen plagas y enfermedades.

Por esta razón, se planteó realizar una evaluación que permitieran conocer el comportamiento fisiológico de tomate de árbol, además se identificaron las etapas fenológicas y los cambios generados en el crecimiento de la planta de tomate de árbol, con el uso de una cobertura plástica negra en el suelo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del uso de la cobertura plástica en el suelo sobre aspectos fisiológicos y fenológicos del tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt).

### **2.2 Objetivos Específicos.**

Establecer un modelo fenológico del tomate de árbol bajo una cobertura plástica negra en el suelo.

Determinar el efecto de una cobertura plástica negra en el suelo sobre crecimiento de la planta y la distribución de biomasa en tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt).

Establecer un modelo simple de la distribución de masa seca en tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt).

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 ASPECTOS GENERALES DEL TOMATE DE ÁRBOL

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt), es una fruta exótica tropical, con delicioso sabor y aroma pertenece a la familia de las Solanáceas, originaria de los bosques Andinos, principalmente de Perú, Chile, Ecuador, Bolivia y Argentina; sin embargo, su producción se ha expandido hasta zonas de Centro América y el Sureste Europeo. Nueva Zelanda es el principal país productor y exportador de este fruto, además de ser donde mayores avances se han hecho en el desarrollo y tecnificación del cultivo (Arahana, *et al.* ,2010).

Las variedades más comerciales de tomate de árbol son: Tomate común de forma alargada, color morado y anaranjado; Tomate redondo, colombiano de color anaranjado o rojizo; tomate mora, de Nueva Zelanda, forma oblonga y de color morado. El sabor de la fruta difiere en su mezcla de sabor dulce a agrio según la variedad (Espinosa, *et al.*, 2005).

##### 3.1.1 DESCRIPCION BOTANICA

**Nombre común:** (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt)

La planta es un arbusto semileñoso de 2 a 3 metros de altura, con un tronco principal que ramifica a una altura de 1 – 1,5 metros, la raíz es profunda, pivotante, ramificada, ubicándose la mayor parte de las raíces en los primeros 30 centímetros de suelo con bastantes raíces secundarias, cuando proviene de semilla, pero superficial, si es propagada por medios vegetativos; el tallo inicialmente es suculento, pero a medida que se desarrolla y ramifica, comienza a tornarse leñoso, sobre todo cuando alcanza entre 1,8 y 2,4 m de altura, presenta hojas perennes simples aovadas o cordadas por lo general

íntegras, pubescentes de 17-30 cm de largo y 12-19 cm de ancho, con ligera pubescencia en el envés (Bernal, *et al.*, 2003; Prohens y Nuez 2005; Márquez, *et al.*, 2007).

Las flores de color rosa y lavanda, están agrupadas en inflorescencias axilares cerca de los extremos de las ramas agrupadas en racimos terminales las cuales florecen escalonadamente, se agrupan en inflorescencias que están compuestas por largos ejes glabros (Bohs, 1994); la flor es pentámera de color blanco a rosado con simetría actinomorfa, pétalos puntiagudos hacia el extremo y unidos entre sí por la base (Cronquist, 1986), el pistilo tiene una longitud de 1cm, que ocupa el centro de la flor y está conformado por el estigma, estilo y ovario (Mora 2004).

El fruto es una baya elíptica puntiaguda en ambos extremos y coronada por un cáliz cónico persistente y un largo pedicelo; son de colores variables del amarillo al rojo, violeta, de cáscara y epidermis lisa y brillante, verde en estado inmaduro y de anaranjado a morado en su madurez, tiene entre 300 y 500 semillas pequeñas circulares y planas distribuidas en dos lóculos y rodeadas por un tejido mucilaginoso de color púrpura a rojo, las semillas frescas presentan buena germinación la que inicia entre los 10 a 15 días después de la siembra. La pulpa es de color variable de amarillo a anaranjado o anaranjado rosáceo, el tamaño del fruto maduro varía entre 4 y 10 cm de largo, y entre 3 y 5 cm de diámetro, con un biomasa promedio cuando el fruto está maduro de 70 a 80 g (Portela, 1999; Lobo, 2004; Grill, 2006; Meza y Manzano, 2007).

Las plantas de tomate de árbol tienen su primera floración aproximadamente un año después del trasplante, a los 3 ó 4 años de trasplantados los árboles se encuentran en plena producción y su vida comercial es de aproximadamente 8 años. El período de floración es relativamente largo, de modo que en un momento dado, cada árbol tiene frutos en distintos estados de desarrollo. Durante su

desarrollo el fruto sigue una curva simple sigmoidea, mostrando un incremento de biomasa fresco rápido y lineal, durante su maduración se comporta como fruto no climatérico (Portela, 1999).

Durante el crecimiento vegetativo de tomate de árbol se presentan dos períodos de crecimiento uno lento en invierno y uno intenso en el verano de ramas, hojas, brotes y renovación de follaje. La floración y llenado de frutos, presentan una estrecha concomitancia con la precipitación, siendo permanente todo el año, especialmente de formación y llenado de frutos. El cuajamiento y desarrollo de frutos presenta una alta competencia en favor de los formados inicialmente. La productividad del árbol es de hasta 800 frutos por año (Bernal. *et al*, 2003)

### **3.1.2 REQUERIMIENTOS DEL TOMATE DE ÁRBOL**

#### **3.1.2.1 Clima**

La zona óptima para la producción de tomate de árbol, se encuentra entre los 1000 y 2400 m s n m. en altitudes inferiores a 1000 m-s-n-m. la fructificación es menor porque durante la noche, la temperatura no es lo suficientemente baja. Este frutal, se produce en temperaturas entre 13° y 24°C, siendo la óptima entre 16° y 19°C, requiere un ambiente sombreado o alta nubosidad, con una precipitación entre 1.500 y 2.000 mm bien distribuido durante el año. Los veranos prolongados disminuyen los rendimientos y la calidad de la fruta (Bernal, *et al.*, 2003).

#### **3.1.2.2 Suelo**

El tomate de árbol necesita suelos con alto contenido de materia orgánica en clima frío mayor del 10%, en clima templado mayor del 5%, suelos bien drenados,

textura franca a franco - arenosa, profundos, pH debe ser ligeramente ácido (6 - 6.5). La para garantizar una adecuada retención de humedad y buen drenaje (Márquez, *et al.*, 2007)

### **3.1.2.3 Fertilización**

El tomate de árbol, para tener un óptimo desarrollo necesita:

Nitrógeno: 45 a 50 (Kg/ha); Fósforo ( $P_2O_5$ ): 16 a 20 (Kg/ha); Potasio ( $K_2O$ ): 50 a 60 (Kg/ha); NPK (10 30 10), 200 a 300 gramos del producto comercial por árbol cada 4 meses iniciando a los 8 meses después de la siembra, incrementando la dosis con el crecimiento del árbol. Urea 50 gramos en plántulas; 75 gramos en plantas de 1 a 2 años de edad, 100 gramos en plantas de 3 a 4 años cada 4 meses; Calcio y Magnesio aplicar una o dos veces por año cal dolomita 500 kilos por año. El fertirriego, cambia los criterios de frecuencia de aplicación de nutrimentos y calidad de fertilizantes comerciales. Déficit de fósforo y altas frecuencias de fertilización no son convenientes, puesto que originan arbustos suculentos con poca fibra, mal crecimiento radical con baja calidad de fruta (Bernal, *et al.*, 2003).

## **3.2 FENOLOGÍA EN FRUTALES**

La fenología comprende el estudio de los fenómenos biológicos vinculados a ciertos ritmos periódicos o fases y la relación con el clima de la localidad donde ocurre. En su ciclo ontogénico los vegetales experimentan cambios visibles o no, los cuales están en estrecha relación con el ambiente y el genotipo, clima (temperatura, luz, fotoperiodo) disponibilidad de agua y condiciones biológicas (virus, patógenos, etc.). El resultado del complejo de interacciones, ocasiona amplias respuestas en diferentes cultivos (Krajewski y Rabe. 1995; Gastiazoro, 2000).



Para realizar una mejor comprensión acerca de la fenología es necesario conocer los conceptos de crecimiento y desarrollo vegetal.

**3.2.1 Crecimiento:** se define como el incremento constante en el tamaño de un organismo debido a un aumento irreversible de volumen de una célula o tejido, este crecimiento está acompañado de dos procesos: morfogénesis y diferenciación, el primero es el desarrollo de la forma u órgano y el segundo es el proceso por el cual las células cambian estructural y bioquímicamente para formar o adquirir funciones especializadas (Milthorpe y Moorby, 1982; Werner y Leisher, 2005).

**3.2.2 Desarrollo:** se define como la sucesión progresiva de las etapas que conducen a establecer la morfología propia del organismo adulto a medida que avanza el ciclo ontogénico donde ocurren una serie de cambios cualitativos que se dan en las fases fenológicas, siendo la manifestación más visible cuando la planta pasa del estado vegetativo al reproductivo (Alcántara, 1987).

Según Torres (1995), en la fenología existen fases y etapas que son observadas durante el ciclo de vida de cultivos.

Fase: es la aparición o desaparición rápida de órganos vegetales, ejemplo: emergencia de plantas, aparición de primer par de hojas verdaderas, etc.

Etapas: está delimitada por dos fases sucesivas, dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos que son en breve intervalo en el que la planta presenta máxima sensibilidad a determinado elemento.

Evento: es un hecho observable en un momento dado o un acontecimiento que ocurre en una posición y momento determinados (por lo tanto, puede especificarse como un punto en el espacio-tiempo).

Ruiz (1991), manifiestan que los eventos comúnmente observados en cultivos agrícolas denominados también fases fenológicas, son: siembra, germinación,

emergencia (inicio), floración (primera, completa y última) y cosecha. Los eventos adicionales observados en frutales incluyen: aparición de hojas, maduración de frutos, caída de hojas.

En Solanáceas es característico el letargo físico debido a la impermeabilidad de la cubierta seminal, en dicha familia la semilla se encuentra en muchos casos impedida físicamente para completar la germinación debido a la rigidez del tegumento, por lo cual se debe realizar ablandamiento de la testa para que la radícula pueda emerger (Black, *et al.*, 2006)

La aparición de la radícula o raíz embrionaria es la primera fase que evidencia el fenómeno de la germinación con el desarrollo del embrión contenido en la semilla, este proceso de germinación se ve afectado por diversos factores como temperatura, luz, agua oxígeno (Izco, *et al.*, 1997; Gastiazoro, 2000).

El estado de plántula comprende el período desde la emergencia y el alargamiento del hipocótilo hasta la caída de los cotiledones. La mayoría de las dicotiledóneas poseen un sistema radical establecido a partir de la raíz primaria y sus ramificaciones. El crecimiento vertical de la raíz principal y el desarrollo de las raíces laterales es característico del sistema radical de las plantas dicotiledóneas, llamado sistema de raíces primarias persistentes. Esta estructura va a permitir a la planta un mejor aprovechamiento de la humedad presente en el suelo gracias a que poseen una mayor superficie de contacto (Solomon, *et al.*, 2001)

Estas fases fenológicas están controladas principalmente por la temperatura, el fotoperíodo (en el caso de especies sensibles) y el estrés hídrico, por lo que un cultivo puede no desarrollar todas sus fases fenológicas si crece en condiciones climáticas diferentes a las de su región de origen (Villalpando y Ruiz, 1993).

La designación significativa de los eventos fenológicos varía con el tipo de planta en observación. Por ejemplo, los estados en frutales pueden identificarse como:

Aparición de hojas nuevas: fecha en que aparecen las primeras hojas de un nuevo ciclo de desarrollo. Floración: momento en que la mitad de la unidad de muestreo presenta las primeras flores. Amarre del fruto: fecha en que la mitad de la unidad de muestreo aparece el fruto incipiente, aún envuelto por vestigios florales. Inicio de desarrollo del fruto: momento en que en la mitad de la unidad de muestreo los frutos alcanzan 2 cm de diámetro Terminación del desarrollo del fruto: Fecha en que en la mitad de la unidad de muestreo se logra el máximo desarrollo del fruto (Alcántara 1987).

Existe un equilibrio funcional entre el crecimiento de los diferentes órganos de la parte aérea y el sistema radicular, de tal forma que el crecimiento del uno afecta al otro; sin embargo, está por dilucidarse como es la repartición de asimilados entre la parte aérea y la raíz (Gregory, 1994).

El crecimiento y desarrollo de las plantas puede ser caracterizado por el número de días entre eventos observables, tales como floración y madurez de frutos. La medición de eventos puede ser mejorada si se expresan las unidades de desarrollo en términos de "tiempo fisiológico" en lugar de tiempo cronológico, por ejemplo, en términos de acumulación de temperatura. Así surge el término de grados-día (GD), definido para un período específico, como los grados acumulados sobre una temperatura umbral durante dicho período (Pérez y Puche, 2003).

Los métodos para el cálculo de los grados-día, difieren en complejidad y están basados en el conocimiento de la curva del comportamiento diario de la temperatura y la comparación con las temperaturas umbrales (mínima y máxima), dadas para una determinada fase de desarrollo de la especie. La forma más usada y simple para calcular los grados-día se basa en la suma de los subtotaes diarios, producto de la diferencia entre la temperatura promedio diaria y la temperatura base ( $T_b$ ). (Pérez y Puche, 2003).

### 3.3 ANALISIS DE CRECIMIENTO EN PLANTAS

Es importante poder expresar la producción de un cultivo en términos de crecimiento, el análisis de crecimiento trata de explicar en términos matemáticos las variaciones de biomasa seca y del área foliar en función del tiempo durante el desarrollo vegetal, este estudio representa el primer paso en el análisis de la productividad primaria, siendo un enlace entre el registro de la producción vegetal y su investigación por métodos fisiológicos (Garner, *et al.*, 1985; Hunt, *et al.*, 2002; Criollo y García, 2009).

El análisis de crecimiento tradicional requiere de la compilación de datos primarios simples como biomasa seca y fresco, área y volumen; a partir de estos es posible calcular los parámetros de desarrollo y fenología (Hunt, 1990; Salisbury y Ross, 1994). Los parámetros tienen un significado físico o de comportamiento cuantificable y se obtienen separando las subunidades correspondientes, contándolas y obteniendo la biomasa en intervalos regulares durante el desarrollo de la planta (Gutiérrez, 1996).

En la estimación de los índices de crecimiento, para explicar el desarrollo y eficiencia en acumular materia seca en la planta como producto de procesos metabólicos, se requiere de la medición de biomasa seca total, así como de sus diferentes órganos y el área foliar de las plantas en intervalos de tiempo, para brindar una información más precisa de cómo se acumulan y translocan fotosintetizados. El análisis de crecimiento involucra características complejas, muestreo destructivo de plantas a intervalos de tiempo durante la temporada de crecimiento cuantificando aspectos como: definición de estados fenológicos, estados de desarrollo y distribución de asimilados en diferentes órganos (Borrego, *et al.*, 2000; Azofeifa y Moreira, 2004; Criollo y García, 2009).

### **3.3.1 Área foliar**

El área foliar (AF), es la medida del tejido usual del fotosintetizador de una comunidad de plantas. Además la cantidad de área foliar es importante, porque esta determina la cantidad de energía solar que es absorbida y convertida a materiales orgánicos (Shibles, 1987).

En la evaluación de crecimiento y desarrollo de las plantas, el área foliar es uno de los parámetros más importantes, puesto que, se encuentra muy relacionado con la eficiencia fotosintética de los cultivos, considerándose de interés en los estudios de fisiología vegetal (Arjona, 2003; Espitia, *et al.*, 2006)

### **3.3.2 Índice de Área Foliar (IAF)**

Representa la suma de la totalidad de las superficies de las hojas existentes en un área de suelo. Corresponde al área foliar de la planta sobre el área del suelo que ocupa (Hunt, 1990).

### **3.3.3 Tasa de Asimilación Neta (TAN)**

Es el resultado del balance neto entre las ganancias por las tasas fotosintéticas y las pérdidas por la tasa de respiración de hojas, tallos, y raíces; es un indicador de la eficiencia fotosintética promedio, puesto que, mide la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar y por unidad de tiempo (Poorter 1989; Gómez, *et al.*, 1999).

### **3.3.4 Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)**

Este parámetro es considerado un índice de la productividad agrícola y proporciona información conveniente del desarrollo integrado de varias partes de la planta, es útil especialmente cuando las necesidades se incrementan para

comparar especies de diferentes tratamientos sobre bases uniformes. Indica la acumulación de biomasa presente por unidad de biomasa producida, por unidad de tiempo (Hunt, 1981; Borrego, *et al*, 2000).

### **3.3.5 Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)**

Mide los incrementos de biomasa seca por unidad de área de suelo en una unidad de tiempo, este parámetro indica la velocidad de crecimiento del cultivo (Radford, 1967; Valverde y Sáenz, 1985)

## **3.4 DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA**

La producción de materia seca total es un resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la interceptación y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento. Sin embargo, esta eficiencia puede ser influenciada por la cantidad de radiación solar, la habilidad de las hojas para fotosintetizar, el IAF, la arquitectura de la planta, la respiración, entre otros, lo que se resume en factores internos de crecimiento relacionados con el genotipo y factores externos relacionados con el ambiente y las prácticas de manejo utilizadas durante el cultivo (Gardner, *et al.*, 1985)

El rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento, siendo en los frutales los frutos los principales órganos sumideros y compitiendo entre ellos y con los órganos vegetativos por los asimilados disponibles (Dogliotti, 2004).

Este rendimiento puede estar limitado por la capacidad de generar asimilados o por la capacidad de almacenamiento. Estos dos aspectos no son independientes,

dado que la actividad de la fuente puede influir en la determinación del tamaño potencial del sumidero y la demanda de asimilados por los sumideros puede afectar la fuente (Guardiola y García 1990; Peil y Gálvez, 2005)

La fuente se refiere a los tejidos de la planta que son productores netos de carbono generalmente tejidos verdes fotosintéticos que son exportadores netos de asimilados, las hojas y los tallos, son los principales órganos sintetizadores de fotoasimilados, los cuales son translocados posteriormente a distintos órganos de la planta; en el follaje es donde se desarrolla toda superficie de captación de energía y de producción de asimilados para el sostenimiento de las partes formadas y para suplir las demandas de los vertederos en formación. (Dwelle, 1990; Foyer y Paul, 2001; Vaieretti, *et al.*, 2007; Medina, *et al.*, 2008).

Un vertedero es un usuario neto de carbono y son los órganos que crecen rápidamente como los meristemas, hojas inmaduras y tejidos de almacenamiento como frutos y tubérculos. Para los procesos de respiración crecimiento y almacenamiento de compuestos de carbono, el potencial de demanda se refiere a la habilidad de los órganos vertedero para atraer o acumular compuestos de carbono (Dwelle, 1990).

La acumulación de biomasa en las estructuras reproductivas comienza a partir de la floración del cultivo y continúa durante todo su ciclo. La producción final de biomasa se define a través de una serie de relaciones funcionales sustentadas en procesos de desarrollo y crecimiento; el índice de cosecha es una relación entre estas dos variables y nos permite inferir los procesos que gobiernan el rendimiento en cuanto al número de estructuras fijadas (número de frutos por unidad de superficie) y al tamaño de las mismas (biomasa de frutos). En función de estas evidencias, el rendimiento es fuertemente dependiente de la producción de biomasa, por lo que los aumentos de esta deben traducirse en mejoras de rendimiento. Así la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la

planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo (Peil y Gálvez, 2005)

La distribución de materia seca entre varias partes de la planta se ha descrito como un equilibrio funcional o como funciones de distribución dependientes del tiempo o del estado de desarrollo, esto ha facilitado predecir de manera razonable la producción de materia seca a lo largo del ciclo de crecimiento de los cultivos de crecimiento determinado; sin embargo, en plantas de crecimiento indeterminado es necesario considerar otros factores, puesto que la dinámica de la acumulación de materia seca es diferente. (Brower, 1962; Heuvelink y Marcelis, 1989; De Koning, 1989)

La producción de biomasa está ligada a la fenología de la planta principalmente durante la fase de floración y fructificación. En estas fases la planta invierte cantidades similares de fotoasimilados para la producción de fruta y la parte vegetativa. Además, la planta limita el crecimiento vegetativo cuando inicia la fructificación, especialmente cuando los frutos presentan las mayores tasas de crecimiento (Moreira, 2004)

### **3.5 FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS**

Entre los factores que afectan las etapas fenológicas de los cultivos se encuentran variables ambientales, captación de energía solar, transpiración, disponibilidad de agua y de elementos minerales esenciales, todos ellos administrados a una temperatura adecuada. Las plantas pueden crecer de manera óptima según sea la concentración de dichos factores y su interrelación. La iluminación diaria total tiene un efecto sobre el desarrollo de las plantas en la regulación de la diferenciación floral, siendo más importante que la calidad de luz y actúa indirectamente a través de la regulación de la fotosíntesis (Nuez, 1995; Paéz, *et al.*, 2000; Cabezas y Sánchez, 2008).



El desarrollo y crecimiento de un cultivo, es afectado por la competencia que presente este, por disponibilidad de recursos. Una planta crece más rápido cuando utiliza una mayor cantidad de un determinado recurso disponible e incrementará su tasa de crecimiento general. La mayor extensión de las hojas permitirá a la planta poseer una mayor de interceptación de luz y una mayor producción fotosintética. La densidad de siembra, afecta directamente el comportamiento del IAF, y la TAN (Criollo y García, 2009).

La eficiencia con que un cultivo puede interceptar la radiación solar están relacionada con el crecimiento y las prácticas de cultivo empleados, la distribución de asimilados, cambios fisiológicos y bioquímicos que denotan importantes características para la producción de un cultivo (Gil y Miranda 2007; Rodríguez *et al*, 2005)

El IAF y la arquitectura foliar del cultivo, afectan la interceptación de la radiación incidente por parte del cultivo; la eficiencia fotosintética está determinada por la edad de la hoja, estado nutricional del cultivo, temperatura, disponibilidad de agua y concentración ambiental de CO<sub>2</sub>; el cual es fijado y transformado en azúcar, es útil considerar la disposición de las hojas en el dosel, puesto que si todas las hojas están aproximadamente en posición horizontal, las hojas de la porción superior estarán expuestas a luz solar plena y la fotosíntesis en estas se verá sobresaturada, por lo que la luz se desperdiciará. Si las hojas se orientan en posición más o menos vertical, los rayos de luz serán paralelos a las superficie foliares por lo que casi ninguna de las hojas esta por el nivel de saturación (Salisbury y Ross, 1994).

### **3.5.1 Efecto de la temperatura y agua en el crecimiento de plantas**

Uno de los efectos de la exposición a bajas temperaturas, es la reducción de la tasa de fotosíntesis, lo que conduce a una absorción de luz excesiva que supera la

capacidad de los fotosistemas, con lo cual, la planta no es capaz de disipar la energía recibida en exceso, llegando con esto a la oxidación de moléculas importantes, particularmente lípidos (García, *et al.*, 2010)

Los incrementos de temperatura, afectan las tasas transpiratorias nocturnas foliares, debido a un aumento en la velocidad de procesos enzimáticos en el aparato respiratorio. Un aspecto resultante de la caída de flores y frutos debido a bajas temperaturas, es el cambio de distribución de asimilados en las plantas. En este caso, las hojas pasan a ser el órgano de mayor crecimiento apoyando la teoría de la jerarquización en la distribución de asimilados en las plantas. Finalmente, se proponen esquemas que explican e interrelacionan mecanismos fisiológicos y sus efectos sobre la producción de frutos en condiciones cambiantes de luz y temperatura. Un factor ambiental que agudiza la respuesta al estrés por bajas temperaturas es una baja humedad relativa, puesto que el frío reduce la capacidad de las raíces para absorber agua y bloquea la función de las estomas (Zapata, *et al.*, 2004; Jaimez, 2000).

### **3.6 USO DE PLÁSTICOS EN LA AGRICULTURA**

La utilización de plásticos sobre el suelo con diferentes fines es una práctica agrícola que ha adquirido creciente importancia desde que se inicio la aplicación del polietileno en la agricultura a mediados del siglo XX, los plásticos han revolucionado las técnicas de producción agrícola y es común su uso en forma de películas para la cobertura (Misle y Norero, 2001; Samaniego, *et al.*, 2002).

La cobertura plástica en el suelo es una técnica simple que permite incrementar el rendimiento y calidad en muchos cultivos, esta tecnología es considerada no contaminante del medio ambiente en la medida que sea removida adecuadamente. El efecto directo sobre el suelo se manifiesta en un incremento de la temperatura y una mejor conservación de la humedad, lo cual resulta en

mayores rendimientos y una mejora de la calidad en la producción (Gabriel, *et al.*, 1997).

La cobertura mulching consiste en la creación de una especie de “cama” sobre el suelo, formada por capas de distintos materiales, como paja, hojas secas, ramas y otros elementos que protegen las raíces de las plantas, las ayudan a conservar el nivel de humedad necesario, y evitan que proliferen las enfermedades y plagas. Esta tecnología hace más competitiva la producción de cultivos porque genera mayores rendimientos y oportunidad en el mercado (precocidad) e incrementa la calidad de frutos y la eficiencia en el control de malezas y en la aplicación de agroquímicos. También reduce la evaporación del suelo, las pérdidas por percolación de fertilizantes y compactación del suelo (Cantamutto *et al.*, 2000; Lamount, 1993; Kasperbauer, 2000).

Al colocar una película plástica en el suelo aquella actúa como una barrera amortiguadora disminuyendo las variaciones en los factores ambientales. Las características de la película como el color, grosor y transparencia a la irradiación influyen en el intercambio energético del suelo sobre ella, la presencia de la película restringe la difusión del vapor de agua y CO<sub>2</sub> desde el suelo hacia la atmósfera consiguiendo de esa manera un microambiente adecuado para el crecimiento de las plantas (Benavides, 1998).

Una de las principales diferencias entre la cobertura y el suelo desnudo es la capacidad del suelo con protección plástica para permitir un mayor número de frutos por planta que el suelo desnudo en el cultivo de fresa. La capacidad de la planta en el sistema de cobertura para producir más frutos con mayor tamaño se puede explicar tomando en consideración una mayor producción el número de flores que puede ser una consecuencia de que las plantas crecidas con cobertura plástica registran valores de altura de planta, diámetro de tallo, biomasa seca y

biomasa fresco, mayor crecimiento radical y vertical, en plantas donde se utiliza esta técnica (Ibarra, 1997).

### **3.6.1 EFECTOS DE LA COBERTURA PLÁSTICA**

El uso de esta tecnología se usa para incrementar la eficiencia de los cultivos en el uso de insumos de producción, como nutrientes, agua de riego, y agroquímicos principalmente, con el fin de maximizar rendimientos, calidad de frutos y precocidad a la cosecha (Tarara, 2000; Fan, *et al.*, 2005)

Son múltiples los efectos benéficos que presenta la cobertura plástica, algunos de estos son la reflexión de radiación que permite generar más fotoasimilados y la aplicación de técnicas como transplante y fertirrigación para mejorar el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Tarara, 2000; Andina y Monsenbocker, 2004).

Otros efectos del uso de plásticos en el suelo son el incremento de temperatura estimulando el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes favoreciendo el desarrollo de las plantas (Orozco, *et al.*, 2002)

#### **3.6.1.1 Control de temperatura en el suelo**

Los plásticos utilizados como cobertura al suelo, son generalmente de color negro. Durante el día ellos absorben gran cantidad de energía y calientan el suelo, ese calor queda así retenido por mucho tiempo durante la noche, aminorando el desequilibrio térmico que retarda el desarrollo de la planta (Misle y Norero, 2001).

#### **3.6.1.2 Humedad en el suelo**

La constante presencia de humedad no solo es un factor importante para el crecimiento y la producción de plantas. El plástico utilizado es impermeable, y por

lo tanto no deja que el calor o el viento evaporen el agua contenida en el cultivo. La cobertura deja la tierra siempre floja, facilitando la penetración del oxígeno y de las raíces, preservando la textura y la estructura del suelo (Talavera y Padilla, 2000).

El empleo de coberturas en el suelo se consideran un factor importante en climas donde la evapotranspiración es elevada puesto que su uso favorece la temperatura del suelo y mantiene una humedad necesaria a la planta reduciendo la pérdida de agua por evaporación (Ibarra y De la Rosa, 2004).

Para la cobertura del suelo, actualmente se utilizan diferentes tipos de plástico, en cuanto al color este varía dependiendo de las necesidades del cultivo, cada uno de ellos posee determinadas características que dan lugar a efectos diferentes sobre los cultivos. La radiación reflejada y absorbida transmitida por los diferentes coberturas determina en gran medida las temperaturas que se generen en el suelo y el efecto positivo o negativo de estas temperaturas sobre el desarrollo y rendimiento de las planta (Ibarra, 1997)

### **3.6.1.3 Control de malezas**

Independientemente del color del acolchado (negro, plata, plata- negro o blanco- negro) han logrado controlar poblaciones de malezas sin la utilización de herbicidas. Dicho control se debe principalmente a que los acolchados disminuyen las radiaciones solares comprendidas entre los 400 y 700Nm. Este tipo de radiación es sumamente importante para las plantas en el proceso de fotosíntesis y germinación. Además los acolchados plásticos incrementan la temperatura en el espacio comprendido entre el suelo y la película de polietileno. Esto provoca en las malezas una respiración más acelerada disminuyendo el poco contenido de clorofila sintetizada. Finalmente el acolchado plástico causa la muerte en la planta debido a que excede el punto de muerte térmica Yamber S.A (s.f)

#### **3.6.1.4 Mejoramiento del medio terrestre.**

De acuerdo con Ibarra (1997), el acolchado plástico trae una serie de beneficios en el medio terrestre de la planta. Entre estos beneficios destacan:

1. Se reduce el consumo de agua puesto que se conserva la humedad debajo de la película plástica
2. Actúa como una barrera que impide el arrastre del suelo por la escorrentía del agua de esta manera disminuye la erosión.
3. Aumento de la temperatura del suelo. Esto provoca que la planta desarrolle un sistema radical más numeroso y absorba una mayor cantidad de nutrientes.
4. Disminuye la compactación del suelo y de esta manera el suelo se conserva con mejor estructura y mayor cantidad de espacios porosos.

#### **3.6.1.5 Mejoramiento del medio aéreo.**

Según Yamber S.A. (s.f) el tipo de color del plástico este puede traer beneficios inmediatos al microclima de la planta. El color determina el comportamiento e influencia de la energía radiante, influye en la temperatura de la superficie y afecta la temperatura del suelo de acuerdo al nivel de reflectividad, absorción y transmisión de la película plástica. Algunos beneficios generales sobre el medio aéreo son:

1. Aumento de la calidad y productividad de los cultivos.
2. Aumenta la intensidad de la luz alrededor de la planta modificando su Microclima.
3. Aumento en la calidad y productividad de los cultivos.
4. Disminuye el ataque de insectos.
5. Favorece el intercambio gaseoso puesto que se aprovecha más eficientemente el CO<sub>2</sub>.

### **3.6.2 Efecto del color del plástico**

Taber y Heard (2003), plantearon que el color del plástico influye sobre el crecimiento de las plantas, de manera que: el plástico cristal: Natural o transparente: es el polietileno sin ningún tipo de pigmento ni aditivos, se usa principalmente para elevar la temperatura del suelo; el plástico negro: asegura un perfecto control de malezas a menor costo, presenta la menor reflexión (9%) acercándose a las características propias de un cuerpo negro, que absorbe un 91% de la radiación que incide sobre él, las plantas evaluadas con polietileno negro presentan mejor desarrollo radical favoreciendo el crecimiento de las plantas.

Según Ibarra (1997) el plástico de color negro se caracteriza por reflejar el 50% y de absorber en igual porcentaje la energía proveniente del sol. Esto permite incrementar de manera considerable la temperatura en torno al follaje de la planta, lo que incide en el desarrollo de la misma. El suelo cubierto con cobertura plástica negra alcanza menor temperatura si se compara con un suelo cubierto con plástico transparente. El plástico negro por su color impide la fotosíntesis de las plantas de malezas que logran germinar. Un inconveniente que presenta este tipo de plástico es que puede causar quemaduras a las hojas del cultivo por el incremento de la temperatura.

De acuerdo con Yamber S.A. (s.f) la cobertura negro – plata, es del tipo co-extruido, esto significa que es una material producto de la sobre posición y fusión de distintas capas de polietileno y aditivos en una sola película. Presenta una ventaja en comparación con las coberturas plásticas color negro y transparente, la cual es que permite la utilización de dos colores a la vez uno en la capa superior y otro en la capa inferior. Permite una mayor reflexión de la luz solar en torno a la planta. Presenta la limitante de ser deficiente en transmitir la temperatura al suelo.

El plástico blanco – negro: asegura un perfecto control de malezas, calienta menos que el plástico negro porque su coloración blanca refleja parte de la radiación, presenta un efecto de disminución de insectos en el envés de las hojas.

El plástico transparente de acuerdo con Ibarra (1997) se caracteriza por las fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche. Durante el día la cobertura produce un efecto invernadero que causa que el 80% de la energía pase al suelo. En la noche la permeabilidad del plástico a la longitud de onda infrarroja produce la pérdida de energía térmica. El inconveniente de este tipo de plástico es que permite el crecimiento de malezas dentro de la cobertura. Estas malezas compiten con el cultivo por nutrientes y humedad.

Verde: ofrece un control adecuado de las malezas permitiendo el calentamiento del suelo

Plástico azul: de desarrollo relativamente nuevo, ha contribuido al parecer en el incremento de azúcar en frutos y granos al momento de la cosecha. Se ha reportado que la radiación reflectante del color azul favorece la fotosíntesis y mejora la traslocación de carbohidratos.



## **4. DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1 LOCALIZACION**

El presente trabajo se desarrolló en la vereda La Pradera municipio de Pasto, departamento de Nariño, ubicada a una altura de 2000 msnm, con temperatura media de 14 °C, precipitación pluvial media anual 1650mm/año y humedad relativa del 82%, terreno ligeramente pendiente, con bajo contenido de materia orgánica y en el laboratorio de Fisiología Vegetal Universidad de Nariño, ubicado a una altura de 2488 m-s-n-m.

### **4.2 AREA EXPERIMENTAL**

El área total del ensayo fue de 816 m<sup>2</sup> conformado por ocho surcos, cada surco con 17 plantas y un área de 102 m<sup>2</sup>; teniendo en cuenta los efectos de borde, se descartaron dos plantas/surco, de esta manera el área útil del ensayo fue de 720 m<sup>2</sup>, correspondiente a 15 plantas/surco con cuatro repeticiones a una distancia de siembra de 2 m entre plantas y 3 m entre surcos (Anexo A).

### **4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizó un Diseño experimental de Bloques Completos al Azar, con dos tratamientos y cuatro repeticiones

#### **4.3.1 Tratamientos**

T1: Tomate de árbol en suelo sin cobertura plástica.

T2: Tomate de árbol en suelo con cobertura plástica negra.

#### **4.4 SIEMBRA DEL MATERIAL**

Los frutos para la extracción de semilla los frutos se obtuvieron de las plantas del municipio de Buesaco del proyecto “Evaluación de genotipos de tomate de árbol”; para ello primero se hizo un corte transversal al fruto para extraerle la semilla, posteriormente, con una cuchara se sacó la semilla de los lóbulos del fruto y se depositó en un cedazo, luego se procedió a lavarla hasta quitarle el mucilago de la semilla y se dejó secar durante ocho días. La siembra de semilla se realizó en bandejas plásticas de 72 alveolos con turba comercial negra como sustrato; cuando las plantas tuvieron la primer hoja verdadera, se trasplantaron a bolsas plásticas con sustrato de tierra: turba en proporción 3:1. Cuando alcanzaron el segundo par de hojas se llevaron a sitio definitivo.

#### **4.5 INSTALACION DE LOS TRATAMIENTOS**

Los dos tratamientos con cuatro repeticiones se ubicaron en el lote experimental, en el T1 (sp), las plantas se sembraron a 2 m de distancia entre plantas y tres entre surco; para el T2 (cp), en el mes de mayo de (2012), inicialmente se tendió el plástico sobre el suelo y con la ayuda de un bisturí se realizó una abertura en cruz de aproximadamente 20 cm donde se ubicaron las plantas a una distancia de 2m entre plantas y 3m entre surcos.

#### **4.6 MANEJO AGRONÓMICO**

##### **4.6.1 Preparación del terreno y siembra**

Inicialmente, se aplicó glifosato para eliminar arvenses del área de ensayo, ocho días después se realizó el trazado y ahoyado con una dimensión de 30 cm x 30 cm x 30 cm.

Se realizó una fertilización inicial con 800 gramos de materia orgánica compostada comercial, 50 gramos de 18-46-0, además en cada sitio se aplicó una solución de carbofuran más Benomyl en dosis comercial. Cada dos meses se realizó una fertilización de mantenimiento con una fuente compuesta 15-15-15 más elementos

menores. Cada tres meses se realizó el “guasqueo” la cual consiste en eliminar las arvenses utilizando una guasca sobre estas.

## **4.7 VARIABLES EVALUADAS**

### **4.7.1 Temperatura suelo – ambiente**

Se realizaron mediciones diarias para esta variable. Para temperatura ambiental se hizo una lectura diaria con un termómetro de máximas y mínimas temperaturas (Figura 1) En cuanto a la temperatura del suelo, ésta se realizó con un termómetro de suelo a 20 cm de profundidad. Se hicieron lecturas cuatro veces al día, a las 7:00 am, a las 11 am, a las 4 pm, y a las 8 pm; las lecturas diarias se promediaron en cada uno de los tratamientos (Figura 2).

### **4.7.2 Fenología de plantas**

Esta variable se evaluó por medio de la observación de la ocurrencia de las etapas fenológicas en tomate de árbol. Las etapas fenológicas se determinaron con base en la escala descriptiva de estados fenológicos de desarrollo (escala BBCH para solanáceas de Feller *et al.*, 1995)

Durante todo el período de crecimiento se realizaron observaciones de tipo morfológico que permitieron identificar los estados fenológicos secuenciales que presentó el tomate de árbol durante el período de evaluación.

#### **4.7.2.1 Días a primera poda**

Para la evaluación de esta variable se tuvo en cuenta el número de días transcurridos desde el transplante, hasta que las plantas alcanzaron una altura de 80cm., época en la que se realizó la poda de formación que consistió en hacer un despunte en la parte terminal del tallo, utilizando tijeras de podar.

#### **4.7.2.2 Aparición del órgano floral**

En el estado de desarrollo 5 de aparición de órgano floral (fase 5.1) se tuvo en cuenta el tiempo que tardaron las plantas de tomate de árbol, desde el transplante, hasta que más del 50% de las plantas mostraran los primeros botones florales.

#### **4.7.2.3 Floración**

Para el estado fenológico de floración, se tuvo en cuenta el tiempo que tardaron las plantas de tomate de árbol, desde el transplante, hasta que más del 50% de las plantas mostraran su primera inflorescencia con una flor abierta.

#### **4.7.2.4 Formación de frutos**

Para la evaluación de esta variable se tuvo en cuenta el tiempo que tardaron las plantas de tomate de árbol, desde el transplante, hasta que más del 50% de las plantas mostraran los primeros frutos.

#### **4.7.2.5 Maduración de frutos**

Para la evaluación de esta variable se tuvo en cuenta el tiempo que tardaron las plantas de tomate de árbol, desde el transplante, hasta que más del 50% de las plantas mostraran frutos maduros.

#### **4.7.2.6 Diámetro polar de frutos maduros (DPFM)**

En esta variable, se evaluó el diámetro de cinco frutos maduros medidos desde la base hasta el ápice en los frutos formados en cada material para la primera cosecha teniendo en cuenta también la posición del fruto con base al eje principal.

#### **4.7.2.7 Diámetro ecuatorial de los frutos (DEFM)**

En esta variable se evaluó el diámetro en la parte central de cinco frutos formados en el momento de la primera cosecha teniendo en cuenta los mismos aspectos que para la variable anterior.

#### **4.7.2.8 Rendimiento**

Para esta variable se tuvo en cuenta el peso total de los frutos cosechados en tres plantas de las restantes en las evaluaciones y se expresó en Kg/planta

#### **4.7.3 Biomasa seca**

Para la estimación de biomasa vegetal seca total por órgano (raíz, tallo, hojas, flores, frutos), se extrajo la planta y se separó en sus partes (raíz, tallo, hojas, flores, frutos), luego se procedió a secarlas por separado, en horno a 70° C, durante 72 horas, posteriormente se realizaron lecturas de peso seco .

#### **4.7.4 ANALISIS DE CRECIMIENTO**

Para el análisis de crecimiento de tomate de árbol se extrajeron mensualmente ocho plantas al azar, una por cada surco, este análisis se inició 30 días después del transplante a sitio definitivo.

##### **4.7.4.1 Área Foliar (AF)**

Se determinó el AF en cm<sup>2</sup> utilizando un sacabocados de 1cm de diámetro; en hojas con diferente ubicación se tomaron 10 muestras por planta, posteriormente, las hojas y los discos se llevaron de manera separada a un horno a 70°C, hasta biomasa constante, posteriormente se realizó la lectura de biomasa seca, utilizando una balanza analítica. Con base en estos valores se determinó el AF cada 30 días a partir del transplante. Para el cálculo del AF utilizó la siguiente fórmula planteada por Hunt (1990):

$$AF(cm2) = \frac{10 \cdot \pi r^2 \cdot p_{stot}}{p_{discos}}$$

Donde:

$10.\pi r^2 = \text{área de los discos}$

BSTot= biomasa seca de hojas + discos

Pdiscos= biomasa seca de los discos

#### 4.7.4.2 Índice de Área Foliar (IAF)

La evaluación de esta variable, se hizo con base en los datos de área foliar; se estableció la relación existente entre el AF de la planta y el área que ocupa la planta en campo, para ello se utilizó la siguiente fórmula planteada por Hunt (1990):

$$IAF = \frac{AF \text{ Planta}}{AC \text{ suelo}}$$

Donde: AF = Área foliar

AC = Área que ocupa la planta en  $\text{cm}^2$

#### 4.7.4.3 Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Este indicador de la eficiencia fotosintética, determina el incremento de la biomasa seca por unidad de superficie foliar en una unidad de tiempo, La evaluación de esta variable se efectuó mediante la siguiente fórmula (Gómez, 1999):

$$TAN = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} * \frac{\ln AF_2 - \ln AF_1}{AF_2 - AF_1} = g/(g \text{ día})$$

Donde:  $W_2 - W_1 =$  Incremento de biomasa seca de la planta

$Af_2 - Af_1 =$  Incremento del área foliar

$T_2 - T_1 =$  Tiempo entre dos evaluaciones consecutivas

#### 4.7.4.4 Tasa de Crecimiento de Cultivo (TCC)

Indica la ganancia de biomasa por planta por unidad de suelo ocupada por el cultivo.

Para la evaluación de esta variable se utilizó la fórmula propuesta por Radford (1967):

$$TCC = IAF * \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} * \frac{\ln AF_2 - \ln AF_1}{AF_2 - AF_1} = g/(cm^2 \text{ dia})$$

Donde: IAF = índice de área foliar en  $cm^2$

$W_2 - W_1$  = Incremento de biomasa seca en la planta

$T_1 - T_2$  = Tiempo entre dos evaluaciones consecutivas

#### 4.7.4.5 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

Se define como el incremento de biomasa seca por unidad de materia seca acumulada y por unidad de tiempo, la evaluación de esta variable se realizó con base en la siguiente fórmula planteada por (Hunt, 1990):

$$TRC = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1} = g/(cm^2 \text{ dia})$$

Donde:  $\ln W_2 - \ln W_1$  = Log Natural de biomasa seca en la planta

$T_2 - T_1$  = Tiempo entre dos evaluaciones consecutivas

#### 4.8 Análisis estadístico

Se realizó análisis funcional de crecimiento en las variables área foliar (AF), Índice de área foliar (IAF), Tasa de asimilación neta (TAN), Tasa de crecimiento relativo (TCR), Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), Biomasa seca total (BST), Biomasa seca de hojas (BHS), Biomasa seca de tallos (BTS), Biomasa seca de raíz (BSR), Biomasa seca de flores Biomasa seca de frutos (BSFR) , a fin de establecer su comportamiento a través del tiempo; con base en  $R^2$  y CV se seleccionó el mejor modelo, según los criterios fisiológicos evaluados. Los modelos fueron establecidos utilizando el paquete estadístico CurveExpert versión 1.3. Para las variables Aparición del órgano floral, floración, formación de frutos, diámetro polar y ecuatorial se realizó una prueba de t de student.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Temperatura Ambiente

El crecimiento y desarrollo en tomate de árbol, es extremadamente sensible a la temperatura, a menudo variaciones de temperatura dan lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento (Salisbury y Ross, 1994); modificaciones en la evolución de los procesos metabólicos fundamentales, en las transformaciones a nivel celular, en el transporte de asimilados, en la absorción de agua y nutrientes desde el suelo, en la evolución del crecimiento radicular y aéreo, en la dinámica de la expansión foliar y en los patrones de partición de la biomasa, en especial en los órganos cosechables. Sin embargo la temperatura no solo influye en el crecimiento del tejido, sino también influye en las respuestas del desarrollo, junto con otros factores ambientales como la radiación, el fotoperiodo y la humedad. Esta relación entre el crecimiento y desarrollo con la temperatura permite explicar las ligeras diferencias encontradas en la duración de las etapas fenológicas del tomate de árbol en sus dos tratamientos

En la figura 1, se observan los valores de temperaturas máximas y mínimas ambientales obtenidas durante la evaluación del crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum (Cav.)Sendt*); inicialmente, en el mes de junio (2012), se presentó una temperatura máxima de 21°C luego, se presentaron temperaturas máximas que oscilaron entre 26 °C a 33°C, siendo Septiembre (2013), el mes que registró la máxima temperatura ambiental (Anexo B); A medida la temperatura incrementa, también lo hace la velocidad del crecimiento vegetal hasta alcanzar un valor óptimo. La principal razón de esto es el efecto de la temperatura sobre las reacciones enzimáticas, pues a medida que la temperatura aumenta se incrementa la energía cinética de las moléculas aumentando la velocidad de dichas reacciones.



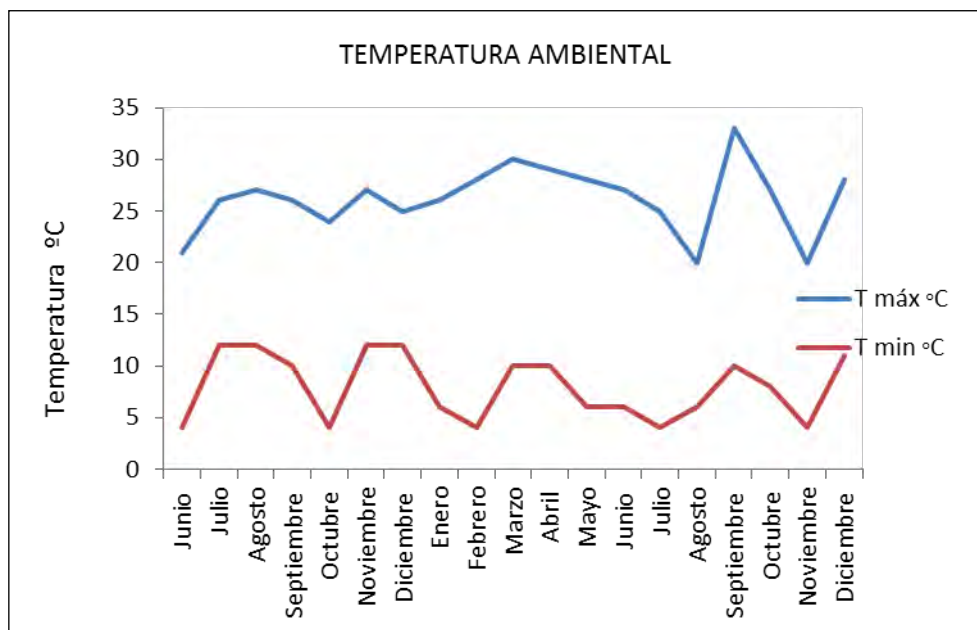


Figura 1. Temperatura ambiental. Temperatura máxima (T máx) y mínima (T mín) (promedio mensual) observados en la Vereda La Pradera, municipio de Pasto, durante el periodo experimental

En cuanto a las temperaturas mínimas, los meses de junio, octubre (2012) febrero julio y noviembre (2013), fueron los que registraron las mínimas temperaturas (4°C), mientras que los meses restantes de la evaluación las temperaturas registradas oscilaron entre los 6°C y 13 °C, durante el periodo de evaluación (Anexo B). Con base en el registro de temperatura ambiental (Fig. 1), se puede afirmar que en los meses donde la temperatura fue inferior a 6 °C, el crecimiento de las plantas de tomate de árbol fue bajo, debido a que las bajas temperaturas afectan los procesos fisiológicos disminuyendo la velocidad de las reacciones enzimáticas. Una disminución de pocos grados produce un cambio significativo en la tasa de crecimiento.

En condiciones ambientales naturales las temperaturas diurnas, generalmente, son más altas que las nocturnas lo que provoca un efecto benéfico en el crecimiento de las plantas. La temperatura ambiental ejerce efecto significativo en los cultivos y en consecuencia en la duración de cada fase y ciclo, guardando una estrecha relación entre procesos fisiológicos y fenológicos; al respecto, Rodríguez *et al.* (1998), señalan que las bajas temperaturas provocan modificaciones en la relaciones fuente –

vertedero. Por otra parte, Pilatti (1991) y Romero (1998), argumentan que las bajas temperaturas inhiben el crecimiento vegetativo influyendo sobre la productividad, afectando severamente la acumulación de biomasa aérea total. En relación con lo anterior, Vidal (2005), manifiesta que, bajas temperaturas presentan alteraciones en las plantas reduciendo el crecimiento y provocando plantas con hojas más anchas y cortas.

De igual manera, Mercado *et al.* (1997), Afirmaron que las bajas temperaturas favorecen el aborto de flores y frutos y disminuyen el ritmo de producción de estos órganos; además ocasionan el enrollamiento de las hojas y la aparición de hojas de color púrpura; por otra parte, García *et al.*, (2010), manifiestan que, los efectos de las bajas temperaturas producen una reducción del vigor, baja producción, deformación y caída de sus hojas.

Las altas temperaturas generan alteraciones en el cultivo; al respecto, Nuez (1995), afirma que altas temperaturas asociadas con alta humedad relativa conducen a la caída de flores y de frutos recién cuajados, causan alteraciones morfológicas que se manifiestan en la abscisión de flores, quemado de frutos y disminución de la fotosíntesis neta por estrés hídrico o temporario; de igual manera, Jaramillo *et al.* (2006) señalan que, algunas de las consecuencias de los cultivos sometidos a altas temperaturas son: reducción en la viabilidad del polen, reducción de la cantidad de flores, apariencia de debilidad en las inflorescencias, mala fecundación de frutos y mal llenado de los mismos.

En el mismo sentido, Valbuena (2000), señala que “con temperaturas altas (20°C – 29°C), las plantas producen más follaje, se induce el desarrollo de tallos, pero las hojas son más pequeñas debido a la reducción de la expansión del área foliar”.

## **5.2 Temperatura Suelo**

El tomate de árbol se desarrolló de manera más eficiente en las plantas con la cobertura plástica, puesto que los rangos de temperatura en el suelo oscilaron entre

16,25 °C y 20,75 °C en comparación con los registros de temperatura con el tratamiento sin la cobertura 10,25 °C – 18, 50 °C, siendo que para lograr un óptimo crecimiento de este frutal se requiere una temperatura que se encuentre entre 16 °C – 19 °C, y el tratamiento con la cobertura plástica fue aquel que presentó mínimas variaciones de temperatura.

En la figura 2, se muestran los registros de temperatura del suelo a una profundidad de 20cm; los meses en los cuales se presentó la mayor temperatura del suelo a la profundidad antes mencionada fue octubre (2013) con una temperatura de 20,75 °C, seguido de septiembre (2013), con una temperatura promedio de 20,5 °C (Anexo C), en el tratamiento con la cobertura plástica y de 18,5 °C en el mes de septiembre (2013) en el suelo descubierto; de igual manera los meses que registraron las más bajas temperaturas durante el periodo de evaluación fueron los meses de mayo (2013) con una temperatura de 16,26 °C, seguido de julio (2013) y noviembre (2013) con una temperatura mínima de 10,25 °C en las plantas sin la cobertura plástica (Anexo D).

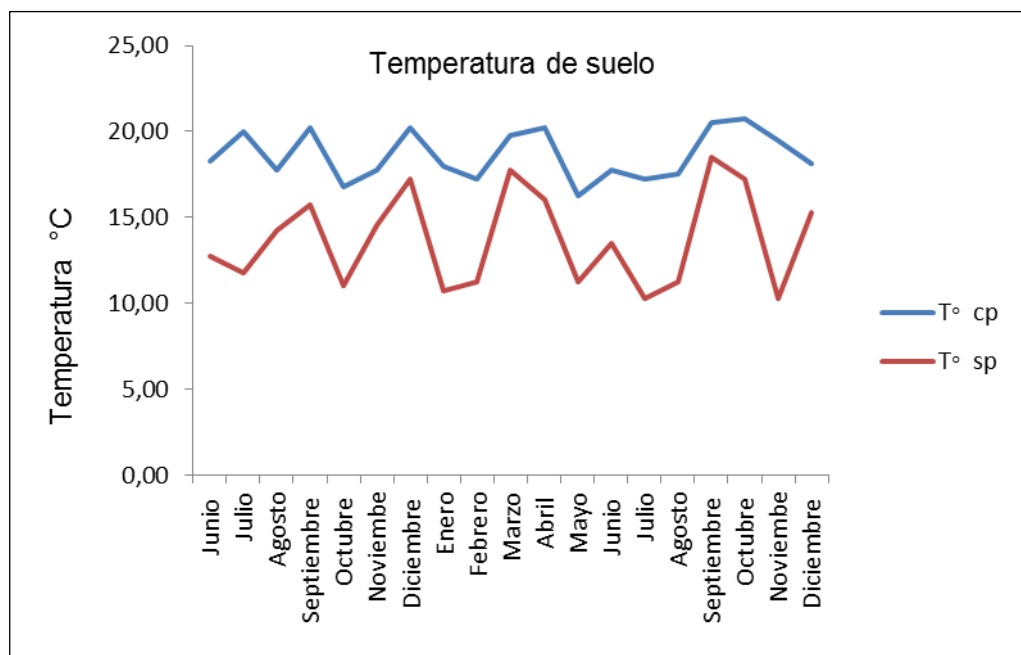


Figura 2. Temperatura promedio mensual del suelo a una profundidad de 0,20m en el lote experimental ubicado en la Vereda La Pradera Pasto

De acuerdo con los resultados encontrados en el presente estudio (Anexo C), se puede afirmar que, el tratamiento con la cobertura plástica negra incrementó significativamente la temperatura del suelo en comparación con las plantas sin la cobertura. Esta diferencia de temperatura que presentó el tratamiento con la cobertura plástica favoreció al cultivo de tomate de árbol en sus procesos de crecimiento; al respecto, Alvarado y Castillo (2003), manifiestan que es importante destacar la utilidad de la cobertura plástica en el suelo puesto que favorecen el rápido calentamiento de este generando un ambiente adecuado en los cultivos.

Los incrementos de temperatura observados con la cobertura plástica negra en comparación con el suelo sin la cobertura, concuerdan con las observaciones realizadas por Insunza *et al.* (2007), quienes afirman que la cobertura plástica incrementó de 2 a 6 °C la temperatura del suelo en relación con el tratamiento sin acolchar y que la variación dependió del color del plástico y de la capacidad de este para transmitir la radiación solar y el calor producido hacia el interior del suelo.

De la misma manera, Alvarado y Castillo (2003), argumentan que, desde el punto de vista térmico, la cobertura se comporta como filtro de doble efecto, que acumula el calor durante el día y deja salir parte de este calor durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. Durante la noche el plástico detiene en cierto grado, el paso de las radiaciones de onda larga (calor) del suelo a la atmosfera.

Los incrementos de temperatura observados con la incorporación de una cobertura de plástico negro, seguramente se traducen en una mayor velocidad de crecimiento y de todos los procesos bioquímicos que interesan a la productividad, puesto que según Al Soboh *et al.*, (2000), el uso de coberturas plásticas en cultivos de papa aseguran una temperatura ideal para un proceso de tuberización exitoso (15 – 18°C); una temperatura fresca durante la noche, influye en la acumulación de carbohidratos y materia seca de los tubérculos

De igual manera, Lamount (1993), reporta incrementos de temperatura de suelo cuando se produce papa utilizando plasticultura; las mediciones de temperatura se realizaron a medio día, con cielo despejado y una temperatura ambiente de 23,3 °C utilizando un termómetro colocado a 0,10 m de profundidad, en camas con y sin plástico. El aumento de la temperatura en el suelo acrecentó el número de tubérculos por planta para las diferentes variedades de papa evaluadas. Además, el rendimiento de las variedades sembradas bajo plasticultura fue mayor y la respuesta en producción es principalmente el resultado de la acción del plástico.

En el presente estudio, el incremento de temperatura en el suelo incidido positivamente en el cultivo de tomate de árbol, debido a que en las plantas con la cobertura plástica se presentó mayor número de frutos (28 frutos por planta), en comparación con la producción de frutos en las plantas sin cobertura (20 frutos por planta), además de estos incrementos en cuanto al número de frutos, el uso de la cobertura plástica acortó dos a tres semanas el ciclo del cultivo.

### 5.3 FENOLOGÍA DE LAS PLANTAS

**Tabla 1. Codificación BBCH (Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt Chemise) de los estados fenológicos para Solanaceas (Tomate = *Lycopersicon esculentum* Mill., Berenjena = *Solanum melongena*., Pimiento = *Capsicum annuum* L.)**

Código 2 dígitos	Código 3 dígitos	Descripción
<b>Estadio principal 0 Germinación</b>		
05	005	La radícula (raíz embrional) sale de la semilla
<b>Estadio Principal 1 Desarrollo de las hojas (tallo principal)</b>		
10	100	Cotiledones, desplegados completamente
11	101	La 1a hoja verdadera del tallo principal, desplegada completamente

12	102	La 2a hoja verdadera del tallo principal, desplegada
13	103	La 3a hoja verdadera del tallo principal, desplegada
14	104	La 4ta hoja verdadera del tallo principal desplegada
<b>Estadio principal 5 Aparición de órgano floral</b>		
51	501	1a inflorescencia, visible (1er. botón erecto)
52	502	2da inflorescencia visible (1er botón erecto)
<b>Estadio principal 6 Floración</b>		
61	601	1a inflorescencia: 1a flor abierta
62	602	2a inflorescencia: 1a flor abierta
<b>Estadio principal 7 Formación del fruto</b>		
71	701	1er pomo de frutos: 1er. fruto alcanza el tamaño típico
72	702	2o pomo de frutos: 1er. fruto alcanza el tamaño
<b>Estadio principal 8 Maduración de frutos</b>		
89	809	Madurez completa: los frutos tienen el color típico de madurez

A partir de observaciones mensuales y de acuerdo con la escala descriptiva de los estados fenológicos de desarrollo de Solanáceas (Tabla 1) se determinaron los momentos de ocurrencia y duración de los estados de desarrollo en tomate de árbol

En el desarrollo del cultivo de tomate de árbol se identificaron dos fases: una vegetativa y otra reproductiva. La etapa vegetativa estuvo conformada por las fases desde la germinación, hasta el inicio de la formación del botón floral, fase que determinó el inicio de la etapa reproductiva.

### **5.3.1 Fase vegetativa**

#### **5.3.1.1 Germinación (0)**

Este estado fenológico principal, (código 0.5), se determinó cuando el 50% de las semillas presentaron emergencia de radícula; La germinación de la semilla de tomate de árbol es epigea y comienza con el desarrollo del embrión contenido en la semilla; se caracterizó por la emergencia de la radícula, la cual se dio a los 16 días después de la siembra (Figura 3).

#### **5.3.1.2 Desarrollo de las hojas tallo principal (1)**

Dentro de este estado fenológico principal se evaluaron cinco etapas consecutivas.

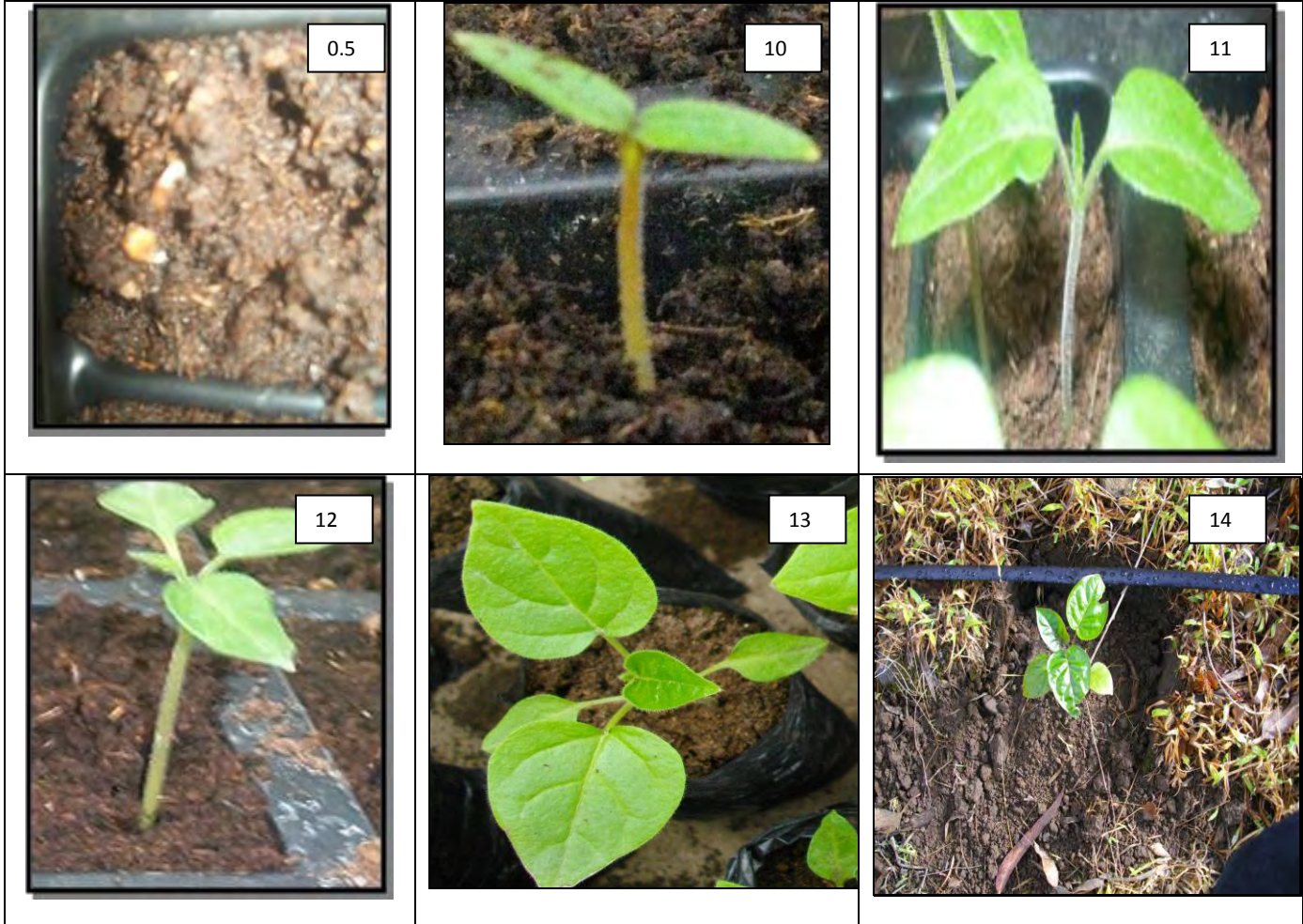
Expansión de hojas cotiledonares (Código 10 – 100): Se presentó a los 32 días, después de la siembra y se caracterizó por el despliegue y expansión horizontal de las hojas cotiledonares (Figura 3)

Aparición de la primera hoja verdadera. (Código 11 – 101): La primera hoja verdadera apareció a los 35 días después de la siembra (Figura 3).

Aparición de segunda hoja verdadera (Código 12 – 102): La segunda hoja verdadera apareció a los 37 días después de la siembra (Figura 3).

Aparición de la 3er hoja verdadera (Código 13 – 103): Esta hoja verdadera apareció a los 47 días después de la siembra (Figura 3).

Aparición de la cuarta hoja verdadera (Código 14 – 104): La cuarta hoja verdadera apareció a los 60 días después de la siembra (Figura 3).



**Figura 3.** Fenología de la germinación de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) en las condiciones de la vereda La Pradera municipio de Pasto. Códigos según escala BBCH para Solanaceas

La germinación, emergencia y establecimiento de las plántulas de tomate de árbol es un proceso lento, donde el tiempo de emergencia varía de acuerdo con algunos factores abióticos que pueden afectar la emergencia de las plántulas entre los que se destacan la calidad y temperatura del sustrato, la profundidad de siembra y el nivel de humedad del suelo. Lo anterior concuerda con los datos reportados por Meza y Manzano (2007), quienes encontraron que el inicio de la emergencia de tomate de árbol, varía de acuerdo a las condiciones del sustrato, siendo necesario tener semillas vigorosas de frutos en buen estado.



El tiempo que tardó la semilla de tomate de árbol en llegar al estado de plántula (código 13) fue de 37 días, en las condiciones del invernadero de la universidad de Nariño, ubicada a 2480 m – s n m y una temperatura promedio de 14 °C; Según Meza y Manzano (2007), la obtención de plántulas de tomate de árbol se presenta de acuerdo al tipo de sustrato que se utilice y las condiciones que presente el germinador. Estos autores afirman que la germinación de tomate de árbol inició al sexto día después de la siembra y las plántulas se obtuvieron 25 días después de la siembra, valor que supera 12 días lo encontrado en el presente estudio.

### **5.3.1.3 Días a poda de formación**

Esta poda de formación se realizó, con el fin de inducir la ramificación del árbol a una altura apropiada (Fig 4), que permita a las plantas de tomate de árbol tener una mejor arquitectura para sostener la biomasa de los frutos y evitar el desgarramiento de ramas y pérdida de los frutos, además de facilitar los procesos de cosecha, en el tratamiento con la cobertura plástica y en el testigo, la poda se realizó a los 160ddt, época en que el 50% de las plantas alcanzaron una altura de 80cm, en ambos tratamientos.



Figura 4. Poda en plantas de tomate de árbol a una altura de 80 cm

### 5.3.2 Fase reproductiva

#### 5.3.2.1 Aparición del órgano floral (5)

En el estado de desarrollo 5 de aparición de órgano floral (código 5.1) se presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados, puesto que las plantas con la cobertura plástica tardaron 238 ddt, en mostrar su primera inflorescencia (Figura 5), en comparación con el tratamiento sin la cobertura que necesitaron 249 ddt en llegar a su primera inflorescencia, existiendo 11 días de diferencia entre los tratamientos, de igual manera se presentaron diferencias entre los tratamientos en cuanto a la aparición del órgano floral (código 5,2), puesto que las plantas con la cobertura plástica tardaron menos tiempo en mostrar su segunda inflorescencia (249 ddt), en comparación con las plantas sin la cobertura que requirieron 252 ddt para llegar a este estado (Tabla 2).

La prueba de T, para la variable aparición de órgano floral, mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados (Anexo D); siendo el tratamiento con la cobertura plástica, aquel que requirió menor número de días en llegar a llegar a esta fase en comparación con el testigo.

El tratamiento con la cobertura plástica influyó en el crecimiento del tejido y en las respuestas del desarrollo, creando un ambiente favorable que permite explicar las ligeras diferencias encontradas en el inicio de la fase reproductiva.

**Tabla 2. Tiempo requerido en plantas de tomate de árbol para aparición de órgano floral**

<b>5- Aparición de órgano floral</b>		
<b>Código general</b>	<b>t cp</b>	<b>t sp</b>
501	238	249
502	240	252

tcp= tratamiento con la cobertura plástica; t sp = tratamiento sin la cobertura plástica

### 5.3.2.2 Floración (6)

La prueba de T para la variable floración, presentó diferencias estadísticas (Anexo E) entre los dos tratamientos, puesto que el tratamiento con la cobertura plástica necesitaron menor número de días en llegar a este estado, (265 ddt) en comparación con el tratamiento sin la cobertura que necesitaron 287 días para alcanzar este estado creando una diferencia de 22 días entre los tratamientos evaluados.

Cada racimo desarrolló entre 32 a 38 flores en el tratamiento con la cobertura plástica siendo este rango superior al encontrado en tratamiento sin la cobertura el cual fue de 25 a 30 flores; al respecto, Pronatta y Corpoica (1999), manifiestan que la estructura reproductiva del tomate de árbol es un racimo que desarrolla entre 23 y 35 flores de acuerdo con lo anterior, el tratamiento con la cobertura plástica superó el promedio de flores producidas, influyendo posteriormente en la producción. Este incremento en el número de flores en el tratamiento con la cobertura se debe al efecto que presenta el plástico, porque a nivel radical hay una mejora en la absorción de agua y nutrientes, conllevando al incremento en la producción de flores.

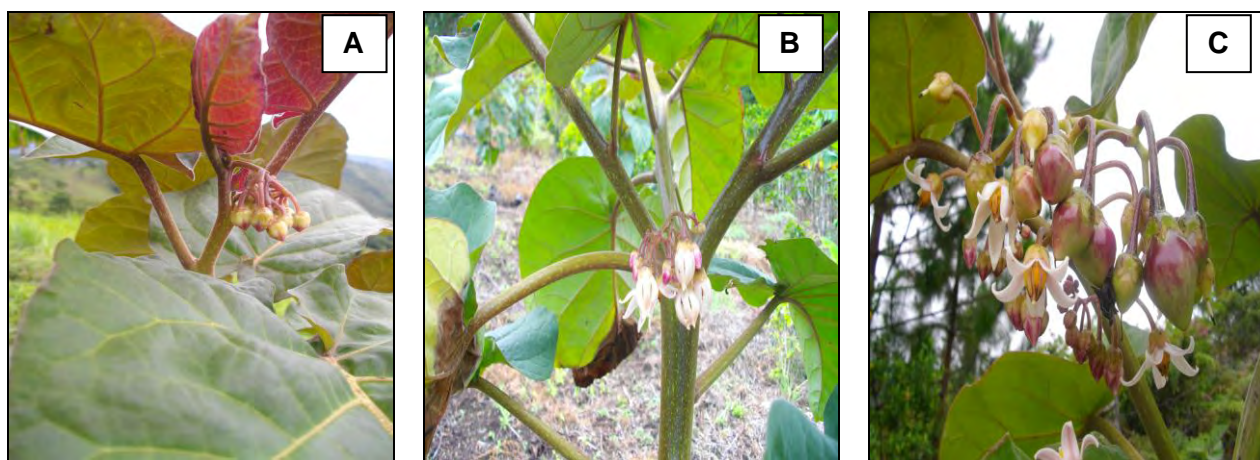


Figura 5. Fase Reproductiva; Estados de desarrollo fenológico de tomate de árbol en la vereda la Pradera municipio de Pasto; código escala BBCH para Solanáceas. A: 5; B:6; C: 7

### 5.3.2.3 Formación de fruto (7)

Esta etapa fenológica se presentó a partir de los 297 ddt en el tratamiento con la cobertura plástica y 317 ddt en el tratamiento sin la cobertura, existiendo 15 días de diferencia entre los tratamientos evaluados; El número de frutos cuajados en las plantas con la cobertura plástica fue 7, mientras que en las plantas sin la cobertura el promedio fue de 5 frutos cuajados. Al respecto, Pronatta y Corpoica (1999), afirman que el promedio de cuajamiento de frutos en tomate de árbol está en un rango de 1 a 6 frutos como máximo.

La prueba de T, indicó diferencias estadísticas entre los tratamientos (Anexo F); mostrando que las plantas con la cobertura plástica necesitaron menor número de días en llegar a esta etapa en comparación con el tratamiento sin el plástico.

Con base en los resultados encontrados, es válido afirmar que el tratamiento con la cobertura plástica influyó en la formación de frutos puesto que al existir mejor absorción de nutrientes, las plantas logran mejores rendimientos, superando la cantidad promedio de frutos producidos, en comparación con el promedio antes mencionado.

El cuajado de frutos se produce según Agusti (2000), si en primer lugar se comprueba la existencia de yemas florales maduras bien formadas y nutridas, en segundo lugar si existe un régimen óptimo de temperatura durante la antesis que asegure una buena polinización y en tercer lugar si se logra un aporte de carbohidratos; de acuerdo con Meza y Manzano (2009), los frutos de tomate de árbol se forman de 5 a 6 meses después del trasplante, encontrando 5 meses de diferencia, en relación con el presente estudio, puesto que los frutos la formación de frutos se dio a los 11 meses ddt, en ambos tratamientos; esta diferencia se debe a las condiciones ambientales y de suelo existentes en la zona, puesto que los suelos son de origen volcánico, y no permitieron el crecimiento y normal desarrollo de este frutal.

Los mismos autores manifiestan que la maduración de frutos se da entre 4 a 5 meses después, contrario a lo encontrado en el presente estudio, se necesitaron 8 meses más para la maduración de frutos, esta diferencia de tiempo se debe principalmente a las condiciones ambientales y al tipo de suelo, tal como lo manifiesta Meza y Manzano (2009).

#### **5.3.2.4 Maduración de frutos**

En cuanto a maduración de frutos, se presentaron diferencias, puesto que en las plantas con la cobertura plástica se requirió en promedio 535 días para llegar a este estado, mientras que en las plantas sin la cobertura se requirió de 556 días, existiendo una diferencia de 21 días entre los tratamientos evaluados (Anexo G).

La cosecha de tomate de árbol en el presente estudio se llevó a cabo a los 540 días después del trasplante en el tratamiento con la cobertura plástica y a los 570 días después del trasplante en el tratamiento sin la cobertura, necesitando 17 meses para cosecha, sin embargo en la investigación realizada por Montalvo (2010), la cosecha se inicia a los 450 días después del trasplante, según lo afirma este autor, los días a cosecha están influenciados por la luminosidad de la zona de evaluación; estos resultados se pueden comparar con los obtenidos en esta investigación donde el promedio general supera los 12 meses afirmado por Viera (2002), quien manifiesta que la cosecha de tomate de árbol se presenta de acuerdo a condiciones ambientales necesitando de 12 a 20 meses después del trasplante.

#### **5.3.2.5 Diámetro polar de frutos maduros**

El diámetro polar en los frutos, presentó diferencias entre los tratamientos, porque en las plantas con la cobertura plástica los frutos fueron de mayor tamaño presentando un diámetro polar promedio de 8,6 cm en comparación con los frutos del tratamiento sin la

cobertura, que fueron más pequeños y tuvieron un diámetro polar promedio de 6,4cm, presentándose diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados (Anexo H).

#### **5.3.2.6 Diámetro ecuatorial de frutos maduros**

El diámetro polar ecuatorial en los frutos, presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos puesto que en las plantas con la cobertura plástica los frutos fueron de mayor tamaño presentando 6,3 cm de diámetro polar en comparación con los frutos del tratamiento sin la cobertura, que fueron más pequeños y tuvieron un promedio de diámetro ecuatorial de 4,6 cm, presentando una diferencia de 1,7 cm entre los tratamientos evaluados (Anexo I).

El incremento de tamaño que presentaron las plantas de tomate de árbol con la cobertura plástica se debe posiblemente que el uso de la cobertura genera mayor división y expansión celular, además mejores condiciones climáticas y edáficas, existiendo mayor actividad fisiológica en las plantas bajo este tratamiento, lo cual influyó en la producción final obteniendo frutos de mejor calidad, de mayor tamaño siendo una ventaja para los productores, puesto que ellos pueden comercializar la fruta a mejor precio conllevando al incremento en los ingresos.

#### **5.3.2.7 Rendimiento**

En cuanto a la variable rendimiento se encontraron diferencias estadísticas,(Anexo J), puesto que la producción de tomate de árbol en el tratamiento con la cobertura plástica fue de 28 frutos por planta, arrojando un rendimiento promedio de 2240 g/planta, en comparación con la producción que presenta el tratamiento sin la cobertura 1600 g/planta.

De acuerdo con esto, el tratamiento con la cobertura plástica mejoró el rendimiento en las plantas, puesto que al haber mejor distribución de los nutrientes, las plantas incrementan la producción.

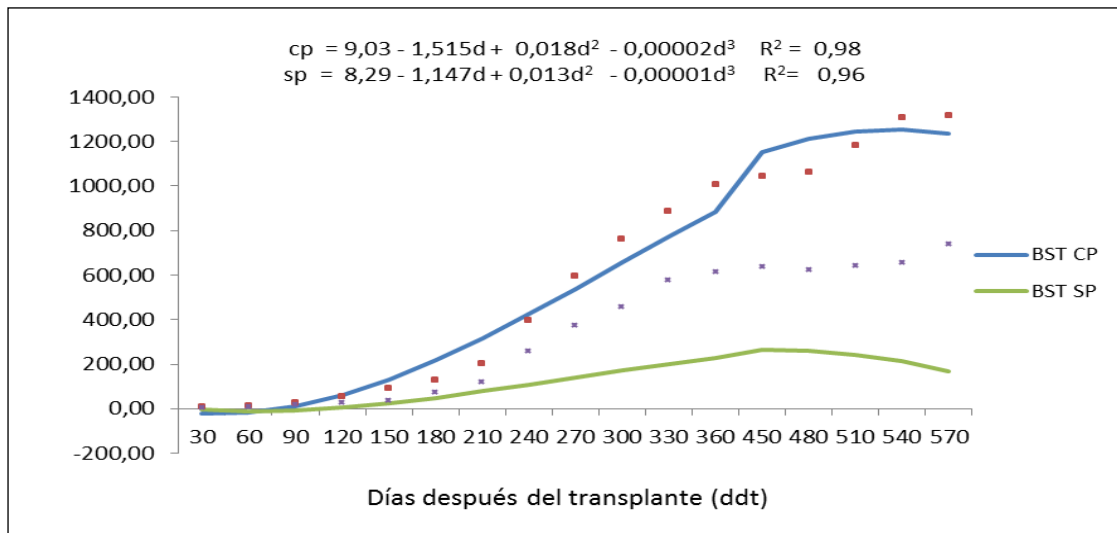
La diferencia de rendimiento de los tratamientos evaluados, se debe posiblemente a las condiciones ambientales existentes, puesto que en las plantas con la cobertura plástica presentó mejores condiciones climáticas y edáficas, existiendo así mayor actividad fisiológica, además el uso de la cobertura plástica impidió el crecimiento y desarrollo de malezas, de manera que las plantas con la cobertura realizaron un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, obteniendo mejores rendimientos en comparación con las plantas sin la cobertura, que presentaron condiciones desfavorables del ambiente para la producción, incidiendo en producción final.

## **5.4 BIOMASA SECA**

### **5.4.1 Biomasa seca total**

El incremento de biomasa seca total en función del tiempo se ajustó a una ecuación polinómica de tercer orden. La variación de materia seca mostró una tendencia creciente en plantas de tomate de árbol evaluadas. En la figura, 6 se observa la variación de biomasa seca, durante la primera evaluación 30 ddt, las plantas de tomate de árbol presentaron un leve crecimiento que en el tratamiento con la cobertura plástica fue de 6,82 g, mientras que en el tratamiento sin la cobertura plástica, este crecimiento (30ddt) fue de 4,72g. A partir de la cuarta evaluación (120 ddt), hay una tendencia de crecimiento acelerado con un biomasa seca de 53,80 g en las plantas con la cobertura plástica y de 28,76 g en las plantas sin la cobertura.

Durante el inicio de la etapa reproductiva (240 ddt) la biomasa seca total de las plantas con la cobertura plástica alcanzó 398,05g, mientras que en las plantas sin la cobertura la biomasa seca fue de 256,85g. Al final de las evaluaciones (570 ddt), la biomasa seca total de la planta fue de 1316,53g en el tratamiento con la cobertura plástica y de 736,89g en el tratamiento sin la cobertura.



**Figura 6. Biomasa seca total en (g) en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; Vereda la Pradera municipio de Pasto**

El contenido de materia seca en plantas de tomate de árbol, se incrementó de 6,82 g (30ddt) a 1316,33g al final de las evaluaciones, en plantas con la cobertura plástica y de 4,73g a 736,89g en plantas sin la cobertura, al respecto Clark y Richardson (2002), manifiestan el contenido de materia seca en tomate de árbol se incrementa de 10 g por planta (3 meses) a 6000 kg por planta cuando los árboles son maduros.

El mayor peso en las plantas con cobertura plástica puede deberse al incremento de la temperatura en el entorno de la planta. El incremento en la temperatura se traduce en un aumento en el metabolismo de las plantas. Además cabe resaltar que en el tratamiento con la cobertura plástica no permitieron el crecimiento de malezas. Al no existir malezas no hubo competencia de las plantas por espacio, luz y nutrientes. Caso contrario ocurrió con el tratamiento sin la cobertura donde las plantas sí debían competir con las malezas. El comportamiento de biomasa seca observado en las plantas de tomate de árbol, se mostró similar a lo observado por Chirinos *et al* (1995), en tomate (*Lycopersicum esculentum*) donde el incremento de biomasa seca se hizo más notorio a los 60 ddt, alcanzado su máximo valor 120 (ddt), después la biomasa



seca decayó notoriamente, de igual manera, Medina *et al* (2008), manifiestan que este tipo de crecimiento es característico de las *Solanáceas*.

#### 5.4.2 Biomasa seca de Tallos

La biomasa seca de tallo se ajustó a una ecuación polinómica de tercer orden en el tratamiento con la cobertura plástica como en el tratamiento sin la cobertura. En la figura 7, se describe el crecimiento de biomasa seca de los tallos el cual, mostró tres fases de crecimiento, una fase inicial: que se caracterizó por el lento crecimiento que terminó 60 ddt, en plantas con la cobertura plástica fue de 5,05 g, y de 1,75 g, en las plantas sin la cobertura, posteriormente se presentó una fase de crecimiento exponencial que finalizó a los 360 ddt, con 460,08 g en las plantas con la cobertura plástica y a los 450 ddt con 253,48 en plantas sin la cobertura.

Finalmente, la tercera fase se caracterizó por la reducción del crecimiento en las plantas evaluadas, encontrando al final de las evaluaciones (570 ddt) 353,67g en las plantas sin la cobertura plástica y una biomasa seca de 174,17 g en plantas sin la cobertura plástica.

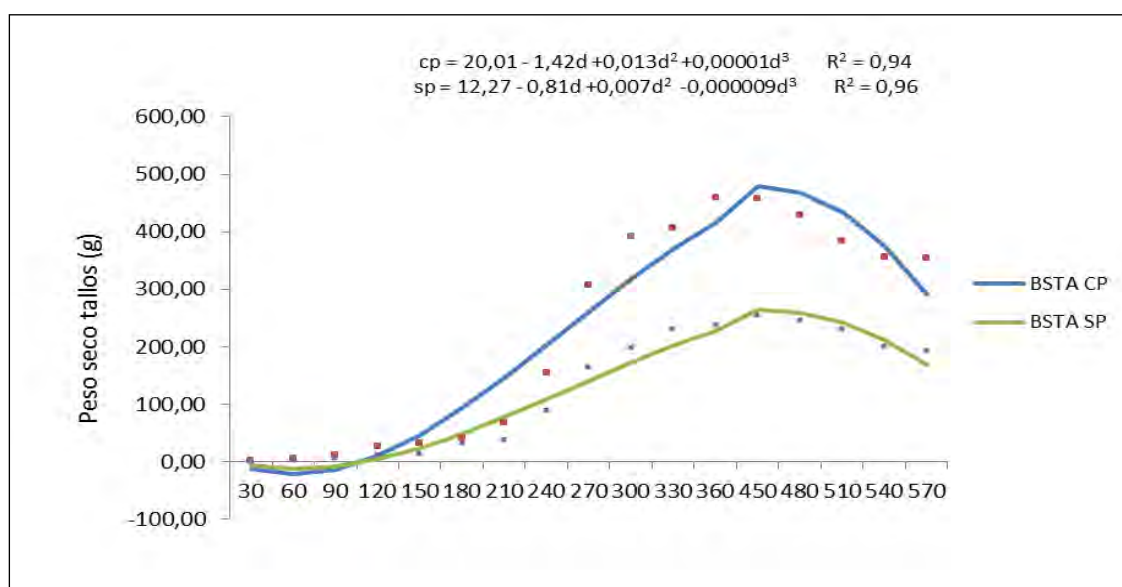


Figura 7. Biomasa seca de tallo en (g) en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; Vereda la Pradera municipio de Pasto

Esta disminución en de la biomasa en los tallos se debe a la distribución de asimilados en las plantas puesto que están en continuo cambio, siendo en un momento los tallos los órganos de mayor reserva, inicialmente, realizaban un aporte del 25,80% de la biomasa seca total en las plantas con la cobertura plástica y de 23,4% de la biomasa seca total en las plantas sin la cobertura, posteriormente y de acuerdo con la teoría de jerarquización de asimilados estos porcentajes cambiaron encontrando el máximo aporte de la biomasa seca total a los 360 ddt en el tratamiento con la cobertura plástica con una representación de 45,78% y a los 450 ddt, en el tratamiento sin la cobertura plástica con un aporte de 39,71%, al final de las evaluaciones el aporte de biomasa seca fue de 26,87% en las plantas con la cobertura y de 26,21% en las plantas sin la cobertura.

El efecto que ejerció la cobertura plástica sobre las plantas de tomate de árbol afectó la distribución de asimilados, puesto que en comparación en las plantas sin la cobertura los aportes de biomasa seca total fueron superiores en todo momento, esto se debe a la eficiente utilización de los nutrientes en el suelo.

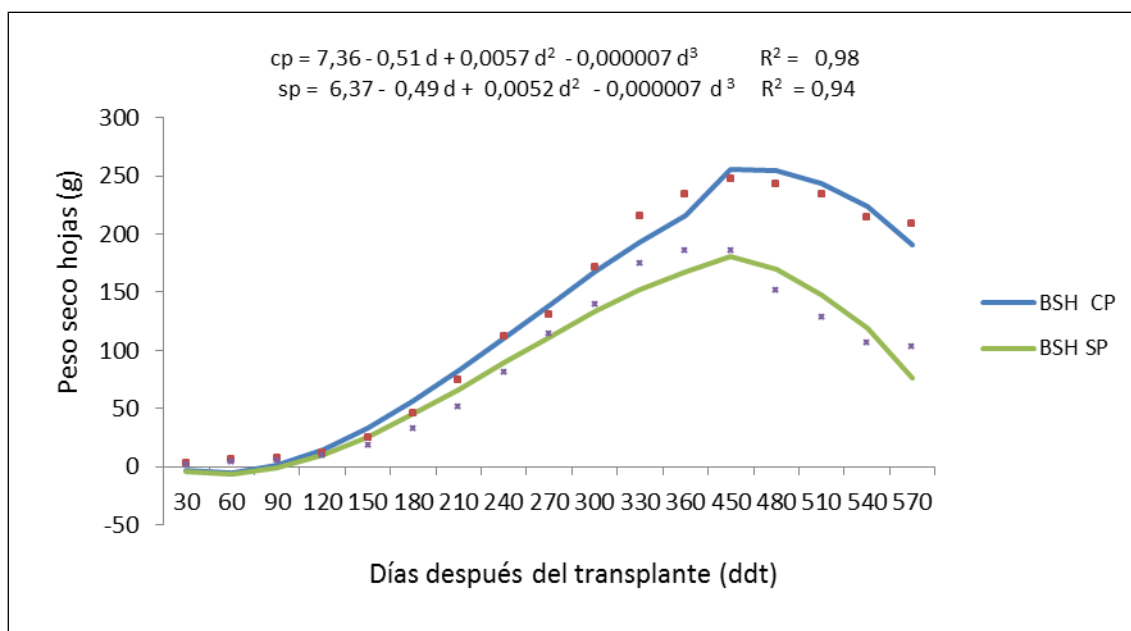
En el primer año la materia seca se encuentra distribuida por todas las partes de la planta siendo el tallo el que aporta mayor porcentaje de biomasa total, después del primer año, el desarrollo de la planta de tomate de árbol está dirigido hacia la reproducción.

#### **5.4.3. Biomasa seca de Hojas**

La biomasa seca de las hojas se ajustó a una ecuación polinómica de tercer grado en ambos tratamientos; en la figura 8, se observa que a partir de los 90 ddt, existe un crecimiento acelerado de la biomasa seca foliar la cual fue de 7,61g en el tratamiento con la cobertura plástica y de 5,10g en el tratamiento sin la cobertura. Durante el inicio de la etapa reproductiva (240ddt) la biomasa seca foliar fue de 111,45g en las plantas con la cobertura y de 81 g en las plantas sin la cobertura, al final de las evaluaciones

(570ddt) la biomasa seca alcanzada fue de 208,64g de BST en el tratamiento con la cobertura plástica y de 83,25 g en las plantas sin la cobertura.

Inicialmente, el aporte de biomasa fue alto en ambos tratamientos, en las plantas con la cobertura plástica este aporte fue de 38,56%, mientras que en las plantas sin la cobertura este aporte fue de 34,67%, al finalizar las evaluaciones se representó una disminución en los aportes de biomasa puesto que en el tratamiento con la cobertura plástica el aporte final fue de 15,85% y en el tratamiento sin la cobertura el aporte fue de 14,01%. Las fluctuaciones de los porcentajes en cuanto al aporte de biomasa se debe a que las hojas inicialmente son consumidoras netas de carbono obteniendo en etapas iniciales el mayor aporte a la biomasa seca total, posteriormente las plantas pasan a ser exportadoras de carbono, haciendo que el aporte de la biomasa seca total disminuya.



**Figura 8. Biomasa seca de hojas en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura en la vereda LA Pradera, municipio de Pasto**

El incremento de la biomasa seca en las plantas con la cobertura plástica se debe al mayor desarrollo de hojas que podría deberse al efecto de reflexión de luz. Al disponer

de mayor cantidad de energía lumínica las plantas de tomate pudieron desarrollar una mayor cantidad de hojas y por lo tanto una mayor actividad fotosintética.

#### 5.4.4 Biomasa seca Raíz

La biomasa seca en la raíz se ajustó a una ecuación polinómica en los tratamientos evaluados (Fig 9). En tratamiento con la cobertura plástica, el crecimiento de la biomasa seca de la raíz, se caracterizó por ser estable durante los 90 ddt en el tratamiento con la cobertura plástica con 8,85g, mientras que la biomasa seca en el tratamiento sin la cobertura plástica el crecimiento fue estable hasta los 120 ddt con 8,71 g, posteriormente se incrementó, durante el inicio de la floración la biomasa seca de raíz en el tratamiento con la cobertura fue de 131,80 g mientras que el plantas sin la cobertura este biomasa seca de raíces fue de 87,0 g. Al final de las evaluaciones la biomasa seca de raíces a los 570 ddt fue de 161,60 g, en las plantas con la cobertura; el tratamiento sin la cobertura, la biomasa seca de raíz fue de 105,05g.

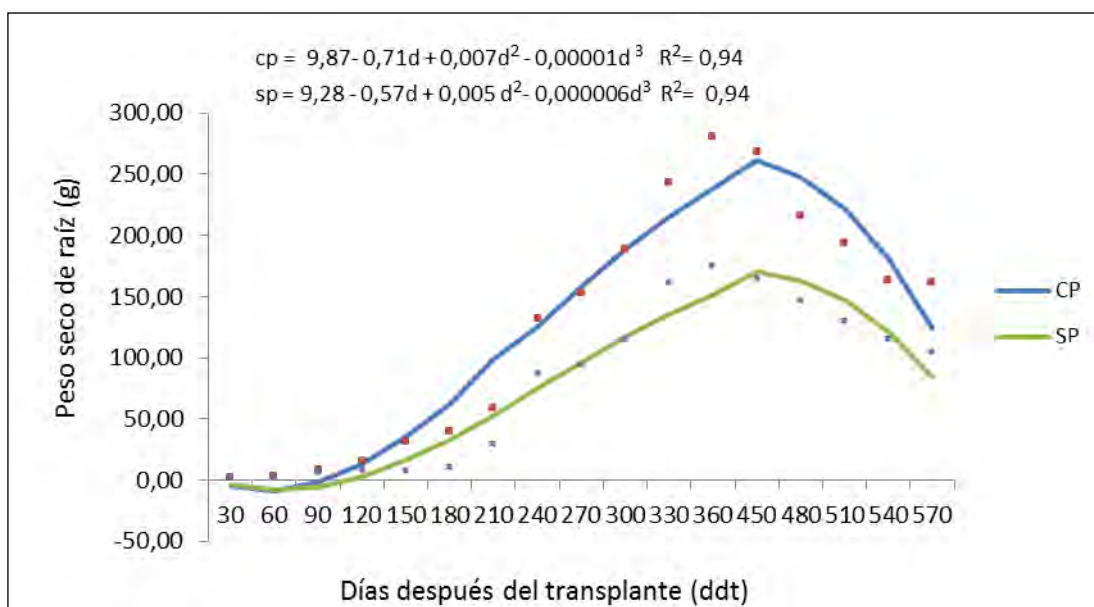


Figura 9. Biomasa seca de la raíz de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura en la vereda la Pradera municipio de Pasto.

El aporte de las raíces del tomate de árbol, también tuvo variaciones puesto que inicialmente el aporte fue de 35,63% en el tratamiento con la cobertura plástica y de 41,86% en el tratamiento sin la cobertura, al final de las evaluaciones el aporte fue de 43,05% en el tratamiento con la cobertura y 41,86% en el tratamiento sin la cobertura

Las plantas con la cobertura plástica presentaron mejor desarrollo radical en comparación con el tratamiento testigo. Esta diferencia en el desarrollo de las raíces puede deberse al incremento de la temperatura del suelo haciendo más eficiente la absorción de nutrientes.

Realizando observaciones comparativas, con respecto a los modelos de crecimiento de las plantas de tomate de árbol con respecto a la acumulación de biomasa seca en tallos, hojas y raíces, se observó que existe un patrón de crecimiento similar durante todo el periodo de evaluación, que es influenciado por la fenología del mismo, puesto que en etapas iniciales estos órganos presentan acumulaciones leves de materia seca, las cuales se incrementan de manera progresiva hasta el inicio de la floración, luego de esta etapa decrecen.

#### **5.4.5 Biomasa seca Flores**

La biomasa seca de las flores, se ajustó a una ecuación polinómica de tercer orden (Fig 10) y representó un aporte relativamente pequeño a la biomasa total de la planta; este aporte de biomasa inicio a los 240ddt, en el tratamiento con la cobertura plástica la BSFL fue de 0,2g mientras que en el tratamiento sin la cobertura la BSFL fue de 0,15g, al final de las evaluaciones la BSFL fue de 25,69 g en el tratamiento con la cobertura y de 18,21g en el tratamiento sin la cobertura, siendo este el máximo valor registrado todo el ciclo de evaluación.

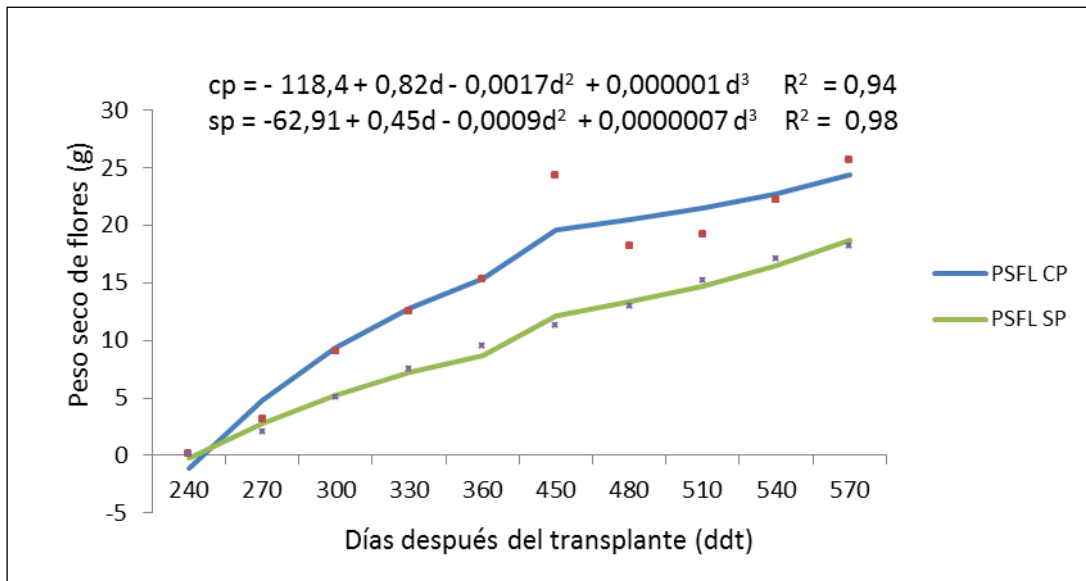
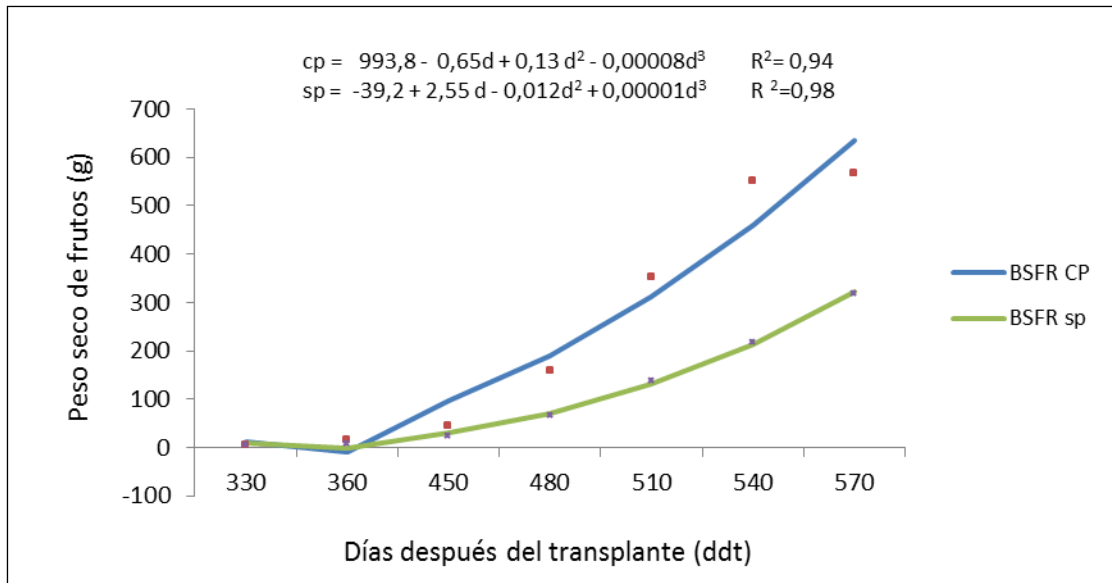


Figura 10. Biomasa seca de flores en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; Vereda la Pradera municipio de Pasto.

El aporte que representó la biomasa seca de flores fue inicialmente de 0,05% en ambos tratamientos, al finalizar las evaluaciones este aporte fue de 1,95% en plantas con la cobertura y de 2,47% en plantas sin la cobertura.

#### 5.4.6 Biomasa seca de frutos

La biomasa seca de las frutos, se ajustó a una ecuación polinómica tercer orden y representó un aporte relativamente pequeño a la biomasa total de la planta; este aporte de biomasa inicio a los 330ddt, en el tratamiento con la cobertura plástica la BSFR fue de 6,75g mientras que en el tratamiento sin la cobertura la BSFR fue de 4,32g, al final de las evaluaciones la BSFR fue de 566,73 g en el tratamiento con la cobertura y de 356,21g en el tratamiento sin la cobertura, siendo este el máximo valor registrado todo el ciclo de evaluación (Fig 11).



**Figura 11. Biomasa seca de frutos en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; Vereda la Pradera municipio de Pasto.**

Inicialmente, el aporte de biomasa seca de frutos fue de 0,76% en el tratamiento con la cobertura y de 0,74% en las plantas sin cobertura, al final de las evaluaciones el aporte de biomasa fue de 43,05 % en el tratamiento con la cobertura plástica y 45,05% en el tratamiento sin la cobertura.

Los resultados obtenidos en el presente estudio reportan que el órgano que presentó mayor acumulación de biomasa seca en los tratamientos evaluados, fue el tallo en etapas de desarrollo inicial; Al comparar los porcentajes de acumulación de biomasa seca en todos los órganos de las plantas de tomate de árbol, se puede observar que los frutos constituyen el órgano de mayor acumulación, puesto que a medida que la planta crece la potencia de los frutos como órgano demanda se incrementa y la asignación de los fotoasimilados se vuelve preferencial hacia estos órganos.

Teniendo en cuenta la información sobre acumulación de materia seca en diferentes órganos, Shibles (1987), afirma que la distribución de la materia seca en plantas está determinada principalmente por la ontogenia del cultivo, el genotipo, la presencia y la

calidad de sumideros y la fuente. Por otra parte Milthorpe y Moorby (1982), afirman que el patrón de distribución de sustancias en la planta está cambiando permanentemente puesto que a medida que las hojas crecen y pasan de importadores netas a ser exportadores netas, también cambia a medida que surgen otros órganos de recepción como los frutos. Medina *et al.*, (2008), reporta datos donde la acumulación de materia seca es mayor en el follaje, mientras que. Azofeifa y Moreira (2004), reportaron datos con mayor acumulación de biomasa en frutos.

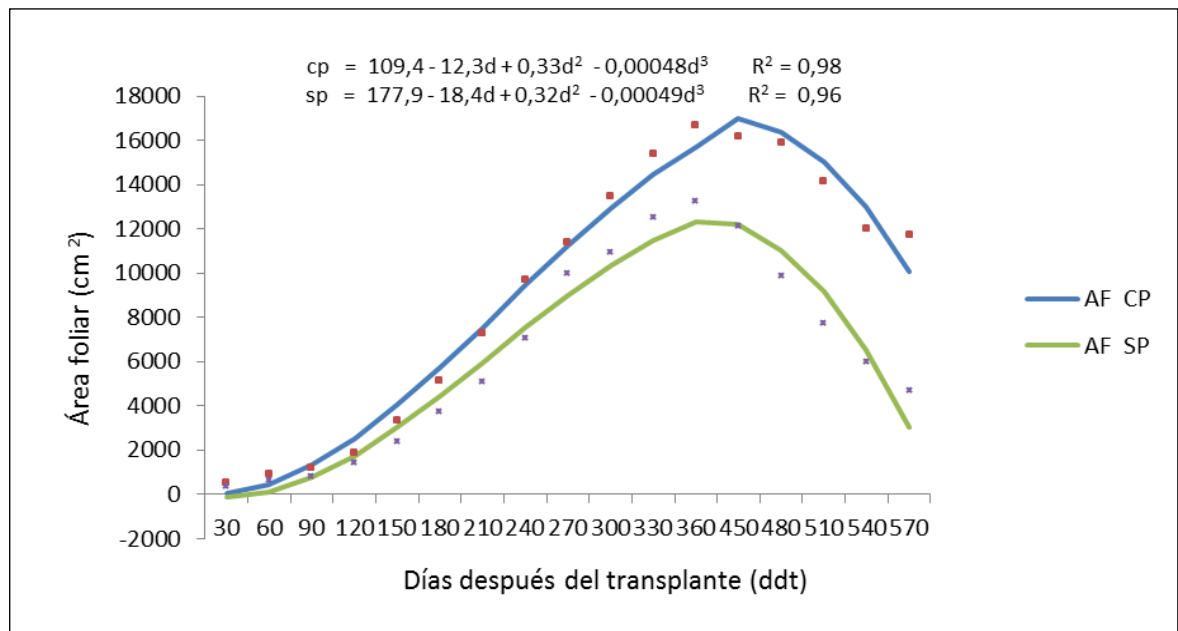
## **5.5 ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO**

El comportamiento de las diferentes variables de crecimiento evaluadas con cobertura plástica y sin ella, se ajustó a ecuaciones polinómicas que expresan su comportamiento en función del tiempo.

### **5.5.1 ÁREA FOLIAR (AF)**

Esta variable mostró el comportamiento del AF en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceun (Cav.)Sendt*) en las diferentes etapas de desarrollo; En la figura 12, se observa el comportamiento del AF que en las primeras evaluaciones (30 ddt) fue lento en ambos tratamientos; en las plantas con el tratamiento de la cobertura plástica el AF fue de 524,25 cm<sup>2</sup> mientras que las plantas sin la cobertura presentaron un AF de 329,87 cm<sup>2</sup>, presentando una diferencia de 194.38 cm<sup>2</sup>. El lento crecimiento inicial presentado por las plantas de tomate de árbol se debe a que estas no tienen muchos centros meristemáticos, por lo tanto la incorporación de materia orgánica a través de la fotosíntesis es baja.





**Figura 12. Comportamiento del área foliar en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; Vereda la Pradera municipio de Pasto.**

A partir de la segunda evaluación (60 ddt), hay una tendencia de crecimiento acelerada, en el tratamiento con la cobertura plástica el AF fue de 931,48 cm<sup>2</sup>, mientras que en el tratamiento sin la cobertura fue 658,95 cm<sup>2</sup>, durante el inicio de la floración (240ddt) el AF fue de 9733,72 cm<sup>2</sup> en el tratamiento con la cobertura plástica y de 7076,45 cm<sup>2</sup> en el tratamiento sin la cobertura, en el inicio de la fructificación el AF de las plantas con la cobertura plástica fue 15,392,06 cm<sup>2</sup>, mientras que en las plantas sin la cobertura el AF durante esta etapa fue de 12519,99 cm<sup>2</sup>, presentando una diferencia de 2,872,07 cm<sup>2</sup>. La máxima AF se presentó a los 360 ddt en ambos tratamientos llegando a alcanzar un área foliar máxima de 16697,00 cm<sup>2</sup> en las plantas con la cobertura plástica y de 13255,41 cm<sup>2</sup> en las plantas sin la cobertura plástica. Para ambos tratamientos este máximo valor coincidió con el desarrollo de los frutos. Altos valores de AF, son una situación favorable para las plantas de tomate de árbol tanto en el crecimiento como en el desarrollo de estas, puesto que le permite a la planta obtener mejores rendimientos puesto que a medida que se desarrolla las hojas se vuelven más complejas y por lo tanto más funcionales. Al final de las evaluaciones, los valores de AF fueron decreciendo encontrando un AF de 11712,56 cm<sup>2</sup> (570 ddt) en las plantas con la cobertura y de 4678,18 cm<sup>2</sup> en las plantas sin la cobertura (570 ddt). El comportamiento

del área foliar en función del tiempo, se ajustó a una ecuación polinómica de tercer orden.

El efecto que presentó el tratamiento con la cobertura plástica negra, influyó positivamente en el cultivo de tomate de árbol, puesto que se encontró mejor AF en las plantas con la cobertura, presentando diferencias durante todo el periodo de evaluación siendo superior el AF de las plantas con la cobertura plástica, al final de la evaluación (570 ddt) esta diferencia fue de 7034,38 cm<sup>2</sup>, corroborando el efecto que tuvo el plástico sobre el cultivo, de acuerdo con Rodríguez (2000), las plantas con mayor AF y ambiente favorable son capaces de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente mejorando la producción.

A medida que el AF se incrementa, también lo hace producción de asimilados, producto de la fotosíntesis, estos al ser reinvertidos afectan el crecimiento en las plantas, este efecto, que se repite constantemente, lo que conlleva a un crecimiento cada vez más rápido. Según Taiz y Zeiger (2006), cuando aparecen las flores y luego los frutos, estos se constituyen el destino principal de los fotoasimilados, por lo que el crecimiento vegetativo disminuye gradualmente.

Si se comparan las variaciones observadas en la AF con los valores registrados en la IAF y su comportamiento a través del tiempo, se encuentra que el comportamiento de las dos fue muy homogéneo, debido a que, tanto la AF como la IAF, son dependientes de la fotosíntesis, la respiración, de las condiciones ambientales, del tamaño de las hojas, biomasa de hojas y de la arquitectura de la planta.

### **5.5.2 Índice de Área Foliar (IAF)**

El modelo de crecimiento de IAF en tomate de árbol, se ajustó a una ecuación polinómica de tercer grado. En la figura 13, se muestra el comportamiento del IAF, indicando que en los tratamientos evaluados, existe una tendencia de crecimiento ascendente que, en los primeros 30 ddt, es reducido en ambos tratamientos; en esta

primera evaluación el tratamiento con la cobertura plástica presentó un IAF de 0,009, mientras que en el tratamiento sin la cobertura el IAF fue de 0,005; a partir de la tercera evaluación (90ddt), se presentó una tendencia de crecimiento exponencial.

En el inicio de la floración 240 ddt, el IAF fue de 0,162 en las plantas con la cobertura plástica mientras que en el tratamiento sin la cobertura el IAF fue de 0,118 en el mismo tiempo de evaluación; Durante en inicio de la fructificación el IAF aumentó encontrando un IAF de 0,257 en las plantas con la cobertura plástica y de 0,209 en las plantas sin la cobertura plástica.

El IAF de en los tratamientos evaluados se incrementó en función de la etapa fenológica, obteniéndose los valores más altos al inicio de fructificación en ambos tratamientos (360 ddt); posteriormente, los valores decrecen. [El menor incremento del IAF en la etapa intermedia de fructificación, se debió, en parte, a los cambios y ajustes efectuados en la relación fuente demanda, lo que indica que las estructuras vegetativas que componen la planta, desempeñan un papel importante como fuentes de fotosintatos, mientras que las flores y los frutos actúan como órganos de demanda.](#)

Este índice que relaciona el área foliar producida por la planta y el área de suelo ocupada por la misma, presentó los valores máximos a los 360 ddt, en ambos tratamientos, momento en que las plantas se encontraban en desarrollo de frutos.

En las plantas con la cobertura plástica el IAF máximo fue de 0,278 en tanto que en las plantas sin la cobertura plástica el IAF máximo fue de 0,221; Posteriormente el IAF decreció encontrándose al final de las evaluaciones en IAF de 0,195 en plantas con la cobertura plástica y de 0,078 en plantas sin la cobertura.

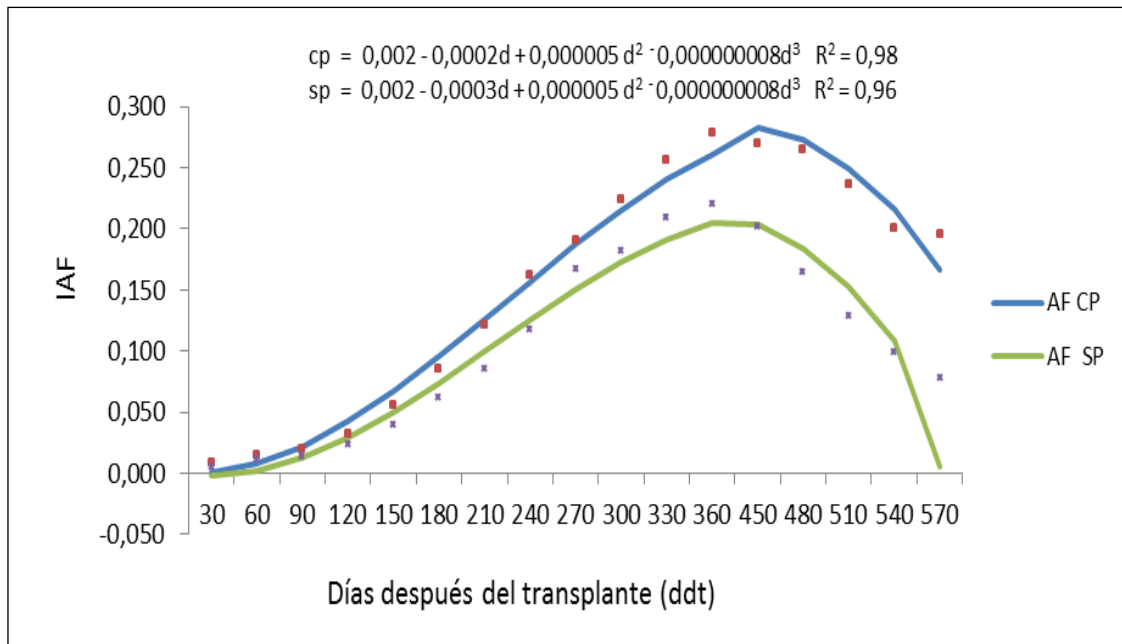


Figura 13. Comportamiento del IAF en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; Vereda la Pradera municipio de Pasto.

El incremento de IAF en el tratamiento con la cobertura plástica, se debe a un mejor aprovechamiento de la radiación, lo cual se manifiesta fisiológicamente en una mayor tasa de translocación de fotoasimilados hacia los puntos de demanda, este IAF aumentó hasta un valor óptimo, esto se debe a una captación más efectiva de la radiación que se presentó a los 360 ddt en ambos tratamientos, según Cayón (1992), valores por encima de este óptimo, hacen caer la productividad por el excesivo gasto energético que demanda la respiración y por la utilización ineficiente de la luz por parte de las hojas. Por otra parte, Clavijo (1989), argumenta que el IAF varía con la forma de la hoja y la distribución tanto vertical como horizontal del follaje. El índice de área foliar óptimo es aquel que soporta la máxima tasa de materia seca. De igual manera Soplín (1993), argumenta que en casi todos los cultivos, a medida que aumenta el IAF aumenta también la acumulación de materia seca, hasta cierto nivel del IAF, por encima del cual la tasa de crecimiento puede ser constante o decrecer, mientras el IAF sigue aumentando. En esta forma los mayores rendimientos son obtenidos de los cultivos que han alcanzado los mayores valores de IAF.

Los bajos valores de IAF encontrados en el presente estudio se deben principalmente a factores ambientales, puesto que los cambios bruscos de temperatura y presencia de

heladas contribuyeron a la caída de hojas y frutos, por lo tanto, las hojas nuevas aun en crecimiento no podían mantener un balance positivo de carbono disminuyendo los valores de IAF; Según Hay y Walker (1989), los valores de IAF también se ven afectados por factores sanitarios.

### 5.5.3 Tasa de Asimilación Neta (TAN)

En la figura 14, se indica el comportamiento de la TAN , en función del tiempo en plantas de tomate de árbol, el cual se ajustó al modelo Bleasdale; durante las evaluaciones realizadas se observaron valores de 0,00016 g.cm<sup>-2</sup>.t<sup>-1</sup> en el tratamiento con la cobertura plástica (60ddt), y de 0,0001 g.cm<sup>-2</sup>.t<sup>-1</sup> en el tratamiento sin la cobertura plástica, en el mismo tiempo de evaluación; Desde los 180 hasta los 240 ddt comienza un crecimiento acelerado, registrando una TAN de 0,0003 g.cm<sup>-2</sup>.t<sup>-1</sup> en plantas con la cobertura plástica y de 0,0003 g.cm<sup>-2</sup>.t<sup>-1</sup> en las plantas sin la cobertura, siendo estos valores las máximas TAN encontradas durante todo el proceso de evaluación y coincidiendo con el inicio de floración, indicando que son estos los momentos en los cuales las plantas de tomate de árbol presentan la mayor asimilación neta de carbono.

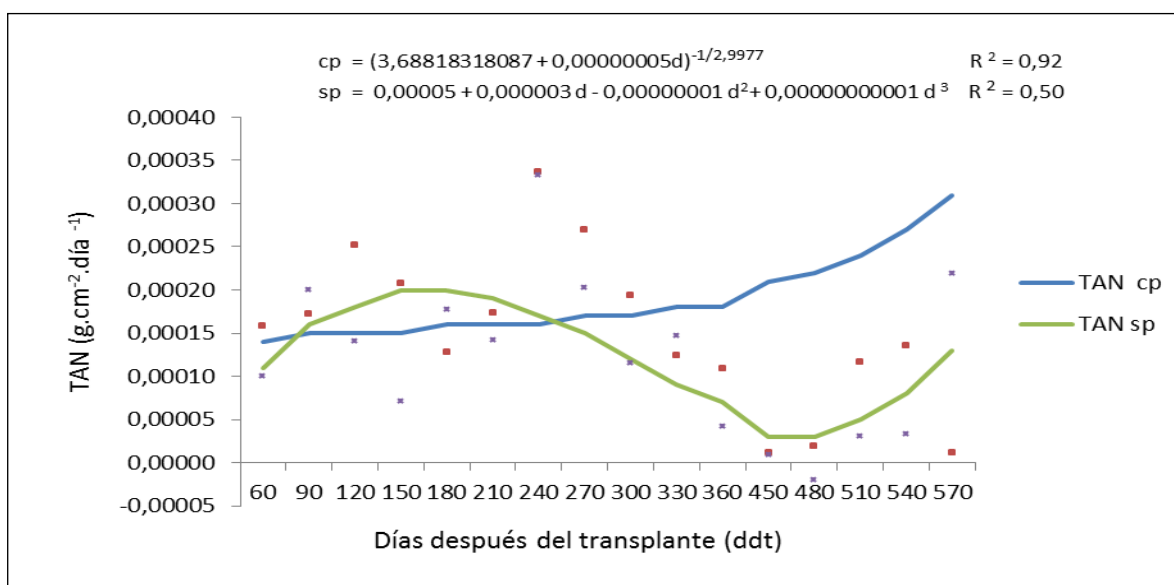


Figura 14. Comportamiento de la TAN en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; Vereda la Pradera municipio de Pasto.

Posteriormente la TAN decrece en ambos tratamientos; encontrando al final de las evaluaciones una TAN de  $0,00001 \text{ g.cm}^{-2}.\text{t}^{-1}$  en plantas con la cobertura y de  $0,00022 \text{ g.cm}^{-2}.\text{t}^{-1}$  en plantas sin la cobertura, la disminución que presentó la TAN en ambos tratamientos se debe a la pérdida y envejecimiento de hojas, ocasionando una disminución en la capacidad fotosintética según Milthorpe y Moorby (1992), esta pérdida se presenta porque las últimas hojas formadas tienen baja concentración de clorofila y niveles de proteínas solubles; además cuando el cultivo crece el Índice de Área Foliar aumenta y las hojas se van sombreando causando una disminución progresiva de la TAN (Hunt, 1978).

Valores altos de la TAN, se traduce en una mayor tasa de fotosíntesis, puesto que las plantas no están sometidas a una alta competencia y la captación de radiación fotosintéticamente activa por unidad de área foliar es mayor; según Hernández *et al.* (1995) esta captación es aprovechada por las plantas para aumentar el tamaño de todas sus estructuras especialmente las hojas que son bancos de asimilados.

Los valores máximos observados hacia la mitad del ciclo de cultivo, están influenciados por el mayor desarrollo del follaje que permite el incremento de la tasa fotosintética. En la medida que se presenta una alta disponibilidad de asimilados se promueve el desarrollo de frutos y también condiciones de alta luminosidad favorecen el inicio de la fructificación (Aldabe y Dogliotti, 2009).

En las plantas con la cobertura plástica y sin ella se observó igualdad en cuanto al momento de ocurrencia del valor máximo de TAN durante el ciclo de cultivo, sin embargo se mantiene la tendencia de altos valores al inicio del cultivo, cuando las plantas se encuentran en la etapa de desarrollo de hojas y valores más bajos hacia el final del ciclo de cultivo.

Hernández *et al.* (1995), reportaron que en plantas de Maraco (*Theobroma bicolor* H.B.K.), el comportamiento de la Tasa de asimilación neta (TAN), determinó un incremento irregular de materia seca por unidad de área fotosintética y por unidad de

tiempo. Según Garner *et al.* (1985), este comportamiento obedece a que en las plantas cuando son pequeñas, la mayoría de sus hojas jóvenes están expuestas a la luz directa expresando mayor eficiencia fotosintética; las hojas viejas en la parte inferior de la planta, tienen una baja tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> y aportan poco asimilados hacia otras partes de la planta.

#### **5.5.4 Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)**

Esta tasa representa la ganancia de biomasa de una comunidad de plantas por unidad de área de suelo y por unidad de tiempo. El comportamiento de la TCC en función del tiempo se ajustó a una ecuación polinómica de tercer grado. En la figura 15, se observa el comportamiento de la TCC, que inicialmente presentó un crecimiento reducido, en la primera evaluación la TCC fue de 0,0023 g.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup> en el tratamiento con la cobertura plástica, y de 0,0006 g.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup> en las plantas sin la cobertura; los valores de la TCC se incrementaron en ambos tratamientos encontrando durante el inicio de la floración una TCC de 0,798 g.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup> en el tratamiento con la cobertura plástica y de 0,394 g.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup> en el tratamiento sin la cobertura; el máximo valor de la TCC fue de 1,066 g.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup> (510 ddt) en el tratamiento con la cobertura plástica y de 0,725 g.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup>(330ddt) en el tratamiento sin la cobertura.

Para los dos tratamientos evaluados se observó que en general hasta los 120 ddt, el crecimiento del cultivo fue lento, debido a que existen pocas hojas en relación con el área del suelo. A partir de ese momento, se incrementa el número de hojas y el área foliar en la misma área de suelo aumentando los valores de la TCC

Este crecimiento de la TCC que presentaron ambos tratamientos se debe posiblemente al incremento en el número de hojas y área foliar por lo que se presentó un aumento exponencial, siendo mayor en el tratamiento con la cobertura plástica; De acuerdo a estos resultados, las plantas de tomate de árbol con la cobertura plástica presentaron una alta acumulación de materia seca en siendo más notoria en la etapa de desarrollo

de fruto, lo que se refleja en la producción, mientras que en las plantas sin la cobertura plástica la máxima acumulación de materia seca se presentó en el inicio de la floración

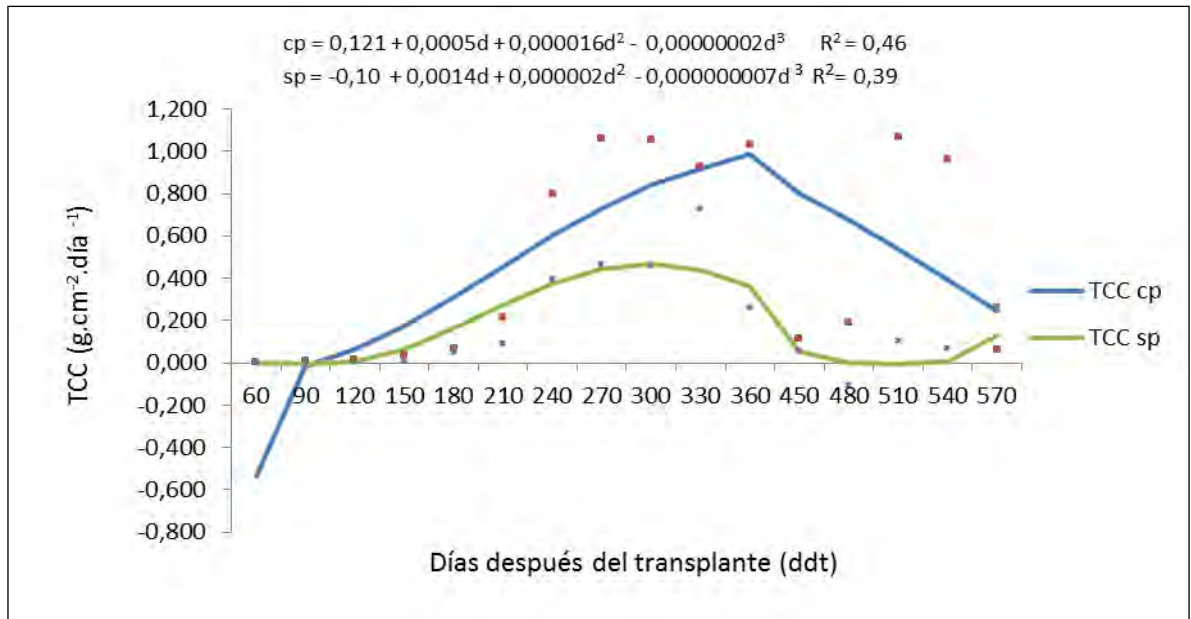


Figura 15. Comportamiento de la TCC en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.)Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; Vereda la Pradera municipio de Pasto.

Al final de las evaluaciones la velocidad de incremento de la TCC decreció en ambos tratamientos alcanzando valores de TCC en las plantas con la cobertura plástica de 0,0645 g.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup>; y de 0,265 g.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup> en las plantas sin la cobertura plástica. Esta disminución en la TCC se debe a la pérdida de la capacidad fotosintética de las hojas de tomate de árbol por envejecimiento o por la caída de hojas según lo afirma Charles-Edwards *et al.* (1986).

Estos valores encontrados en la TCC indican la mayor capacidad productiva de biomasa por unidad de superficie de suelo y están de acuerdo con lo reportado por Hunt (1990), en el sentido de que la TCC es un índice de productividad agrícola cuyos valores más altos se reflejan en mayor producción de los órganos de interés para la cosecha, contribuyendo a un mayor rendimiento.



Al respecto, Gil y Miranda *et al.*, (2007), encontraron que en plantas de papaya (*Carica papaya* L), la TCC aumentó rápidamente hasta alcanzar un máximo, posteriormente este índice de crecimiento decreció en forma acelerada. Los mayores valores de TCC reflejan mayor ganancia de biomasa seca por unidad de superficie y de tiempo. De igual manera, Santos (2010), encontró que los incrementos de la TCC durante el ciclo de cultivo en papa estuvieron relacionados con altos incrementos de materia seca en los tubérculos, condición relevante si se tiene en cuenta que son órganos de interés comercial, argumentando que la respuesta de este índice de crecimiento está relacionada con el rendimiento de este cultivar.

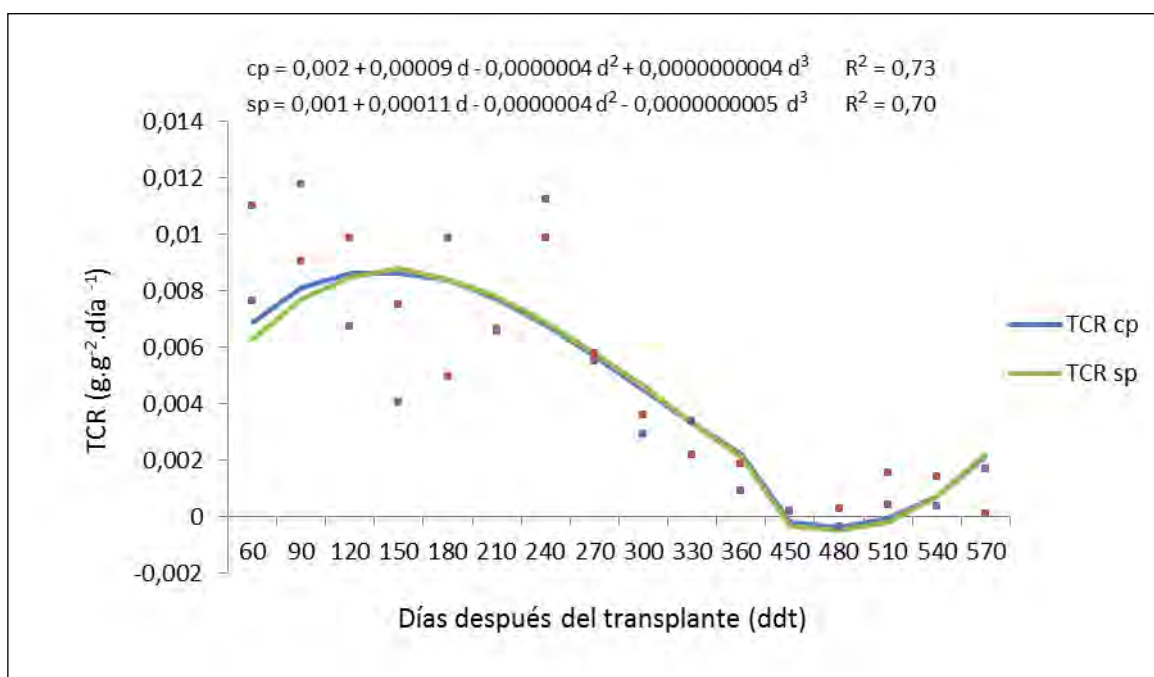
En el presente trabajo los datos de TCC fueron relativamente bajos puesto que, el cultivo no alcanzó su madurez total, el follaje no alcanzó su máxima expresión, presentando como se vio anteriormente, bajos niveles de IAF, al respecto Santos (2010), afirma que la máxima TCC ocurre cuando las plantas son suficientemente grandes densas para explotar todos los factores ambientales en mayor grado. En ambientes favorables, la máxima TCC ocurre cuando la cobertura de las hojas es completa, y puede representar el máximo potencial de producción de masa seca y de tasas de conversión en un momento dado.

#### **5.5.5. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)**

Este índice de eficiencia en la producción de biomasa seca de la planta, presentó los valores máximos en etapas iniciales del desarrollo plantas de tomate de árbol. En la figura 16, se observa el comportamiento de la TCR, que inicialmente presentó valores de  $0,011 \text{ g}\cdot\text{g}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$  (60ddt) en las plantas con la cobertura plástica, mientras que en las plantas sin el plástico la TCR fue de  $0,0076 \text{ g}\cdot\text{g}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$  (60ddt); este acelerado crecimiento está relacionado con el desarrollo de hojas y formación de brotes permitiendo una rápida extensión del área foliar para una mayor intercepción de radiación fotosintéticamente activa. Posteriormente este índice de crecimiento

disminuyó en ambos tratamientos; durante la fase de inicio de floración (240ddt) se reportó una TCR de 0,0099  $\text{g}\cdot\text{g}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$  en plantas con la cobertura plástica y de 0,011  $\text{g}\cdot\text{g}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$  en plantas sin la cobertura. Durante las siguientes evaluaciones continuó decreciendo, al final del estudio (570ddt), la TCR fue de 0,0001  $\text{g}\cdot\text{g}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$  en plantas con la cobertura plástica y de 0,0017  $\text{g}\cdot\text{g}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$  en plantas sin la cobertura.

El comportamiento de la TCR en función del tiempo se ajustó a una ecuación polinómica de tercer orden.



**Figura 16. Comportamiento de la TCR en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendt) a través del tiempo en los tratamientos con y sin cobertura; Vereda la Pradera municipio de Pasto.**

Esta disminución de la TCR se debe a que las plantas inicialmente tienen mayor actividad y con el tiempo estas células comienzan a adquirir funciones especializadas haciendo que el crecimiento disminuya, de igual manera las hojas inferiores del dosel entran en senescencia y no ganan biomasa debido a que sus reservas de asimilados pasan a atender la demanda que requieren las flores para su amarre y posterior cuajado de frutos, de acuerdo a los resultados encontrados en el presente estudio se observa una correlación entre el proceso de crecimiento y desarrollo en diversas partes

de la planta. Al respecto, Fogg (1967), afirma que el crecimiento de una parte de la planta consume sustancias nutritivas, y como resultado disminuye su concentración en los canales de suministros adyacentes, estableciéndose un gradiente de concentración que parece producir automáticamente el movimiento de otros materiales desde los órganos que incorporan o fabrican sustancias, o que simplemente las ceden con la edad. Cuanto más activo sea el crecimiento de una parte, tanto más irán a parar a ella los materiales disponibles, y tanto más se restringirá el crecimiento en otras partes; según Santos (2010), este índice de eficiencia en la producción de materia seca de la planta, presentó los valores máximos al inicio del ciclo de cultivo. Con base en estos resultados se puede deducir que el crecimiento inicial del tomate de árbol está relacionado con el desarrollo de hojas y formación yemas laterales que permitieron una rápida extensión del área foliar para intercepción de radiación fotosintéticamente activa.

Estudios realizados en plátano hondureño enano (*Musa AAB*) reportan que durante el ciclo de cultivo de esta planta, la tasa de crecimiento disminuyó en forma continua a través del tiempo (Aristizabal, 2010); Así mismo, Gil y Miranda (2007), reportan que en la TCR tiene un comportamiento similar al encontrado en el presente estudio, pues es presenta altos valores en etapas iniciales y disminuye con el desarrollo de las plantas de papaya (*Carica papaya* L.) coincidiendo estos datos con lo manifestado por Azofeifa y Moreira (2004), quienes afirman que este índice toma valores máximos en etapas iniciales y disminuyen conforme avanza el crecimiento de la planta

## 6. CONCLUSIONES

- Los modelos de crecimiento que presentaron un mejor ajuste para explicar el comportamiento de las variables AF, IAF, TAN, TCC, TCR, BST, en función del tiempo, correspondieron a ecuaciones polinómicas de tercer grado
- La utilización de la cobertura plástica negra, redujo los estados fenológicos correspondiente al ciclo vegetativo de tomate de árbol, observándose una disminución de 11 días al inicio de la floración y aceleró los procesos relacionados con aparición de órgano floral, floración y maduración de frutos en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendt).
- Porcentualmente, la composición del peso seco total de las plantas de tomate de árbol fueron similares en los dos tratamientos, correspondiendo el mayor aporte al peso de los frutos, que representó en ambos casos el 43,05%.
- La mayor Tasa de Asimilación Neta (TAN), en tomate de árbol se presentó en el inicio de la floración; la TCC máxima para el tratamiento con la cobertura plástica se presentó más tardíamente que en tratamiento sin la cobertura; La TCR, presentó los máximos valores al momento de realizar la poda de formación.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Evaluar, el rendimiento del tomate de árbol en cosechas posteriores, sobre el mismo plástico.
- Evaluar los efectos del uso de coberturas plásticas de diferente color estableciendo el color del plástico en que hay mejor comportamiento agronómico de tomate de árbol.

## 8. LITERATURA CITADA

Agronet. 2011. Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y evaluaciones agropecuarias. <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas/tabid/73/Default.aspx>.

Agustí, M. 2000. Crecimiento y maduración del fruto. En: Azcon – Bieto J.; Talon, M. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Edicions Universitat de Barcelona. España. 424 – 433

Alcántara, R. A. 1987. Fenología y cambios estacionales. Traducción de Phenology and Seasonal Changes. Chapingo. México.

Aldabe, L y S. Dogliotti. 2006. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). [www.fagro.edu.uy](http://www.fagro.edu.uy).

Alvarado, P; Castillo, H. 2003. Cobertura de suelos mediante filmes de polietileno. Biblioteca virtual universal.

Al Soboh, Ghassan, *et al.* 2000. Mecanismos para incrementar el número de tubérculos. Australian Potato Research Development and technology transference (Documento en línea). Australian Disponible en. [www.redepapa.org/botetintreintaycuatro.html](http://www.redepapa.org/botetintreintaycuatro.html).

Andina, J.R; C.R. Monsenbocker. 2004. Colored plastic mulches influence cucumber beetle populations, vine growth, and yield of watermelon. HortScience 39: 1246 – 1249

Arahana, V; Cabrera, A; Torres, M. 2010. Propagación del tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendt) vía embriogénesis somática. Avances 2B 16 – B 12

Aristizabal, M. 2010. Evaluación del crecimiento y desarrollo foliar del plátano hondureño enano (*Musa aab*) en una región cafetera colombiana. Agron. 16(2): 23 – 30.

- Arjona. H. 2003. Estimación del área foliar de cebolla (*Allium cepa* LL *Yellow granes*) F1 mediante la aplicación de tres modelos estadísticos. Revista COMALFI. 30(1): 28 – 36
- Azofeifa, A. y Moreira, M. 2004. Análisis de Crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot), en Alajuela, Costa Rica. Agron. Costarr. 28(1), 57-67.
- Barraza, F; Fischer, G; Cardona, C. 2004. Estudio del proceso de crecimiento en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en el valle Sinú medio, Colombia. Revista Agronomía Colombiana, 22(1); 81 – 90
- Benavides, M.A. 1998. Agropásticos: Control Microambiental, Control Metabólico y Morfogénesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo México.
- Bernal, J; Díaz, C, Amaya, A. y Vanegas, F. 2003. Generalidades del cultivo. Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Rionegro, Antioquia, CORPOICA- La Selva. Manual.
- Black, M; Bewley D y Halmer, P. 2006. The Encyclopedia of Seeds: Science, technology and Uses CABI publishing, Wallingford, UK..
- Blackman, G.E. 1968. The application of the concepts of growth analysis to the assesment of productivity. In: F.E Echardt (ed.) Functionality of Terrestrial Ecosystem at the Primary Production level. Unesco. Paris. 243 – 259.
- Bohs L. 1994. Flora Neotrópica; *Cyphomandra* (Solanaceae). New York Botanical Garden Press son behalf of organization for flora Neotrópica new York, USA. Vol 63 1 – 75 p

Borrego, F; Fernández, J.M; López, A; Parga, V. M; Murillo, M y Carvajal A. 2000. Análisis de Crecimiento en siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana* 11(1), 145-149.

Brower, R. 1962. Distribution of Dry - matter in the plant. *Neth. J. Agric. Sci.* 10:361 – 376

Cabezas, M y Sánchez, C.A. 2008. Efecto de las deficiencias nutricionales en la distribución de la materia seca en plantas de vivero de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). *Agronomía Colombiana* 26(2): 197 – 204.

Cantamutto, M y Sánchez, C. A. 2000. Efecto del sistema de iniciación y día de cobertura del suelo sobre la producción de melón en el sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata* 104 (2).

Cayón, G. 1992. Fotosíntesis y productividad de cultivos. *Revista Comalfi.* 19 (2): 23 – 31.

Clark, C. J; Richardson, A.C. 2002. Biomass and mineral nutrient partitioning in a development tamarillo (*Cyphomandra betacea*) crop. *Revista Scientia Horticulturae* 41 – 51

Clavijo, J. 1989. Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfi.* (16): 52 – 63

Criollo, H; García, J. 2009. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.* 3(2): 210 – 222.

Cronquist, A. 1986. *Introducción a la botánica* 2<sup>da</sup> edición. México. 848p



Charles – Edwards, D.A; Doley, D; Rimmington, G. 1986. Modelling plant growth and development. Academic Press, Australia. 235p.

De Koning, A.N.M. 1989. Development and growth of a commercially grown tomato crop. *Avta Horticulturae*. 260: 267 – 273.

Dogliotti, S. 2004. Universidad de la República – Facultad de Agronomía Ciclo de Formación Central Agronómica. Curso de Fisiología de los Cultivos.

Dwelle, R. 1990. Source/ Sink Relationships during tuber growth. *American Journal of Potato Research* 67(1): 829 – 833.

Espinosa, J. A; Trillos G, O; Hoyos, S, R; Afanador, L. y Correa L, G. 2005. Potencial de propagación in vitro para el tomate de árbol partenocárpico *Cyphomandra betacea* Cav. (Sendt). *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin*. 58 (1): 2685 – 2695.

Espitia, M. M; Montoya A. R; Robles. R. J; Barbosa, C. C; Vergara, A. C. 2006. Modelo estadístico para la determinación del área foliar en *Stevia rebaudina* Bertoni en el Sinu medio. *Temas Agrarios*. 11(2): 45 - 51

Fan, T. A; Steward, W. A; Payne, Y; Wang, S. Song; J. Luis. 2005. Supplemental irrigation and water yield relationships for plasticure crops in the loess plateau of china. *Agron J*. 97: 177 – 188.

FAO, 2006. Tomate de árbol

[http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/cap03\\_4.htm](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/cap03_4.htm)

Feller *et al.*, 1995. Leaf vegetables. Phenological growth stage and BBCH-identification keys of leaf vegetables (forming heads). <http://www.bba.de/veroeff/bbch/bbcheng.pdf>

- Fogg, G.E. 1967. El crecimiento de las plantas. Editorial Buenos Aires (EUDEBA). 327p
- Foyer, C. y M. Paul. 2001. Source - Sink Relationships. In: Encyclopedia of Life Sciences. Nature Publishing Group, unites Kingdom. p 11
- Gabriel, E. L; Makuch, M. A y Ordovini, A. F. 1997. Cobertura plástica del suelo en cultivos de ajo. 50 temas sobre producción de ajo. Mendoza. Argentina.
- García, A; Dorad, M; Pérez I; Montilla, E. 2010. Efecto del déficit hídrico sobre la distribución de fotoasimilados en plantas de arroz (*Oryza sativa L.*). Interciencia. 35(1): 47- 53.
- Gardner, F; Pearce, R; Mitchell, R. 1985 .Physiology of crop plants. Iowa State University Press, Ames, IA.
- Gastiazoro, T. 2000. Fenología Agrícola. Facultad de ciencias Agrarias. UNC. Argentina.
- Geraud. F, D. Chirinos, M. Marín. 1995. Desarrollo de la planta de tomate *Lycopersicum esculentum* Miller, cv. Rio grande en la zona de Rio limón del estado de Zulia, Venezuela. II. Índice de crecimiento relativo, razón de biomasa foliar y gamma. Rev. Fac. Agron. (Luz) 12:15 – 23
- Gil, A. I; Miranda, D. 2007. Efecto de cinco sustratos sobre índices de crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya L.*) bajo invernadero. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 1(2): 142 – 153.
- Gómez, C.; C. Buitrago; M. Cante y C. Huertas. 1999. Ecofisiología de papa *Solanum tuberosum* utilizada para consumo fresco y para la industria. Revista Comalfi 26(1-3), 42-55.

Gregory, P. 1994. Root growth and activity . In: K.Boote, J. Bennett, T. Sinclair y G. Paulsen (eds) Physiology and Determination Crop yield. Amer. Soc. Agron. Sci. Madison, WI. p: 65 - 93

GROLL, 2006. Tomate de árbol. Disponible en la World Wide Web: <http://regionalibertad.gob.pe>>.Santa Inés. Trujillo-La Libertad. Perú.

Guardiola, J.L. y A. García, L. 1990. Transporte de azúcares y otros asimilados. *In*: Fisiología y Bioquímica Vegetal. Azcon – Bieto, J y M. Talon (eds). Ed. Interamericana McGraw – Hill. Madrid. p: 149 – 171

Gutiérrez, A.P. 1996. Applied population ecology: A supply-demand approach. Jhon Wiley & Sons, Nueva York. 300 p.

Hall, R.K.M; Waker, A. 1989. An introduction of the physiology of crop yield Longman Scientific & Technical. New York. 292

Hernández, M; Casas, A; Martínez, O; Galvis, J. 1995. .Análisis y estimación de parámetros e índices de crecimiento del árbol de maraco (*Theobroma bicolor* H.B.K.) a primera floración. Revista Agronomía Colombiana. Vol. XII (1): 182 – 191

Heuvelink. E; Marcelis L.F.M. 1989 Dry matter distribution in tomato and cucumber. Acta horticulturae.. 260: 149 – 157.

Hunt, R. 1978. Plant growth analysis: The rationale behind the use of the fitted mathematical function. Ann. Bot. 43: 245 – 249

Hunt, R. 1981. Plant growth analysis. By Edward Arnold (Publishers) Ltd. The institute of biology's. studies in biology N° 96. London, England. 67 p.

Hunt, R. 1990. Basic growth análisis. Plant growth analysis for beginners. Academic Press, London.

Hunt, R; Causton, B. Shipley; Askew. A. P. 2002. A modern tool for classical plant growth analysis. Ann. Bot. 90: 485 - 488

Ibarra, J, L; y De la Rosa I, M. 2004. Comparación entre microtúneles con coberturas de polietileno y polipropileno en pepino y pimiento con cobertura plástica. Revista Chapingo serie Horticultura 10(2): 133 – 139.

Ibarra, J. L y Flores V. J. 1997. Cobertura plástica, coberturas flotantes y desarrollo y rendimiento de sandía y calabacita. Agrociencia. 31(1).

Insunza, M. A; Mendoza, S.F; Catalán, E.A; Villa, M; Sánchez I; Román A. 2007. Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y con cobertura plástica. Revista fitotecnia Mexicana. Vol. 30(004).

Izco, J.; Barreno, E.; Bruguets, M. 1997. Botánica. Primera edición. España.

Jaimez, R. 2000. Crecimiento y distribución de la materia seca en ají dulce bajo condiciones de déficit de agua. Agronomía Tropical. 50(2): 189 – 2006.

Jaramillo, J.; Rodríguez, V.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. 2006. Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica. 316p

Kasperbauer, M. J. 2000. Strawberry yield over red versus black plastic mulch. Crop Sci 40: 171 – 174.

Krajeswski, A; Rabe. E. 1995. Citrus flowering a critical evaluation. J. Hort. Sci. 70 (3): 357 – 374.

Lamont W.J. 1993. Plastic mulch for production of vegetable crops. Hort. Technol 3: 35-39

Lobo, M. 2004. Informe técnico. Tomate de árbol frutal promisorio para la diversificación del agro andino. FONTAGRO, [en línea]. [Colombia]. Disponible en Internet: URL [http://www.fontagro.org/Projects/01\\_22\\_Tomate/II\\_infotec\\_01\\_22.pdf](http://www.fontagro.org/Projects/01_22_Tomate/II_infotec_01_22.pdf).

Márquez, C, C; Otero, E. C; Cortés R, M. 2007. Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. Revista Facultad de Química Farmacéutica ISSN 0121 – 4004. Universidad de Antioquia, Medellín. 14(2): 9-16.

Medina, C. Cl; Martinez, B, E; Lobo, A. M; Vargas, A. M. O. 2008. Distribución de la materia seca durante la ontogenia del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a plena exposición solar en el bosque húmedo montano bajo del oriente Antioqueño, Colombia. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 61(1): 4256 – 4268.

Mercado, J; Reid, M; Valpuesta, V y Quesada, M. 1997. Metabolic Change and Susceptibility to Chilling Stress in *Capsicum annuum* Plants Growth at Suboptimal Temperature Australian Journal of plant Physiology.

Meza, N. Manzano, J. 2007. Características morfológicas de la semilla, procesos de germinación y emergencia del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav Sendth). Rev. Fav. Agron. (LUZ). 1: 271 – 275.

Meza, N; Manzano, J. 2009. Características del fruto de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav Sendth) basadas en la coloración el arilo en la zona Andina venezolana. Revista UDO Agrícola.. 9(2)

Milthorpe, F. y J. Moorby. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Hemisferio Sur, Buenos Aires.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2006. Observatorio de Agrocadenas; la cadena productiva de los frutales de exportación.

Disponble en la World Wide Web: < [agrocadenas.gov.co](http://agrocadenas.gov.co)>

Misle, A. E y Norero, S. A. 2001. Comportamiento térmico del suelo bajo coberturas plásticas. I. Efecto de diferentes tipos de láminas. Agric. Téc.No.4 Chillán oct.

Montalvo, G. 2010. Evaluación de tres formulaciones químicas a base de N-PK para la floración y fructificación del tomate del árbol (*Solanum Betaceum* Cav Sendt) variedad amarilla gigante. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador. 97p.

Mora, L. 2004. Morfología sistemática de evolución de las angiospermas. Universidad Nacional de Colombia. Capitulo VI

Moreira, M. 2004. Análisis de Crecimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. Agronomía costarricense.

Nuez, F; Morales, R. 1995. Germoplasm of solanaceae horticultural crops in the south of ecuador. plant genetic resources newsletter 44 - 47.

Orozco, S, M; Farias, L, J y López, A, J. 2002. Evaluación de coberturas plásticas para el manejo de plagas en el occidente de México. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 64: 48 - 54.

Páez, A; Paz, V y López, L.J. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto de sombreado. Rev. Fac. Agron. (LUZ).. 17: 173-184.

Peil, R.M y Gálvez, J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Rev. Agrociencia, 11(1):05 – 11.

Pérez de Azkue, Mercedes y Marelia Puche. 2003. La temperatura como herramienta de predicción agroclimatológica aplicada a la producción de frutales. Maracay, Aragua, Venezuela. URL:  
[www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n3/texto/mazkue.htm2003](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n3/texto/mazkue.htm2003).

Pillati, R. A; Perez, I; Gariglio, N y Favaro, J. 1991. Cultivo de pimiento en invernáculo no calefaccionado: Tecnología para la obtención de frutos de buena aptitud comercial. (39 - 45): 59 – 71

Poorter, H. 1989. Growth analysis: towards a synthesis of the classical and the functional approach. *Physiol. Plant.* 237 – 244.

Portela, S.L. 1999. Fisiología y manejo de postcosecha del tamarillo (*Cyphomandra betaceae*). *Avances en Horticultura* 4 (1).

PRONATTA y Corporación Colombiano de Investigación Agropecuaria CORPOICA. 1999. Estudios biológicos y epidemiológicos de la antracnosis de tomate de árbol y generación de alternativas para su manejo integrado en Colombia.

Prohens, J; Nuez, F. 2005. The tamarillo (*Cypomandra betacea*): a review of a promising small fruit crop. Universidad de Antioquia.

Raddford, P.J.. 1967. Growth analysis formula - their use and abuse. *Crop Sci.* 7(3): 171-175.

Rodríguez, Rey, G.A; Romero, E.R.; Vidal, J. L.; Gianfrancisco, S.; David, S y Amado, M. 1998. Influencia de la temperatura en el crecimiento y productividad del pimiento cultivado en invernáculo no calefaccionado. Libro de resúmenes de la primera reunión de la Producción Vegetal del NAO. Tucumán Argentina. 176 – 178

Rodríguez, L; Valdés, R; Medina, R; Velasco, E; Fonseca, I; Verdecia, J; Zamora, R y Celeiro, F. 2005. Aplicación del enfoque multivariado para estudiar las respuestas fisiológicas del cafeto (*Coffea arabica* L. var. Caturra rojo) a diferentes niveles de radiación solar. Centro Agrícola,

Romero, E.R; Rodríguez, R.G.A; Vidal, J. L.; Gianfrancisco, S; David, S y Amado, M. 1998. Influencia de la temperatura en el crecimiento y productividad del pimiento cultivado en invernáculo no calefaccionado. Libro de resúmenes de la primera reunión de la Producción Vegetal del NAO. Tucumán Argentina. 176 – 178

Ruiz, A. 1991. Caracterización Fenológica del guayabo (*Psidium guayava* L.). Tesis de maestría en Ciencias. Montecillo. México.

Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F. 760p

Samaniego, C.E; Quezada, M.M; De la Rosa, I.M; Mungia, L.J; Benavides, M.A; Ibarra J.L. 2002. Producción de plántulas de tomate y pimentón con coberturas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. *Agrociencia* 336: 305 – 318



Santos, C. M. 2010. Evaluación de crecimiento y desarrollo y componentes de rendimiento en cuatro cultivares de papa criolla en dos localidades del departamento de Cundinamarca. Universidad Nacional de Bogotá. Tesis Maestría. Bogotá D.C.

Shibles, R. 1987. Crop physiology. Iowa, USA, Iowa State University. 214p

Solomon, E; Berg L.y Martín D. 2001. Biología Quinta edición. México.

Soplín, J; Rengifo, A y Chumbe, J. 1993. Analisis de crecimiento en *Zea mays* L. y *Arachis hypogaea* L. Folia Amazónica. . Vol 5 (1 - 2)

Taber, H; Heard, M. 2003. Coberturas de colores para tu producción. Revista Agrocienca.

Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. Plant physiology. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA.

Talavera, M.E y Padilla, J.R. 2000. Evaluación de coberturas orgánicas y plásticas para el combate de malezas en tomate (*Lycopersicum esculentum* Miller). Agronomía Mesoamericana 11(2): 101 – 107.

Tarara J.M. 2000 Microclimate modification with plastic mulch. Hort Science. 35: 169 – 179

Torres, R.E. 1995. Agrometeorología. Editorial Trillas. México 154 p.

Valbuena, B. 2000. Aspectos ecofisiológicos básicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de papa en: Manejo Integrado del cultivo de papa. Manual Técnico. Tibaitata Colombia.

Valverde, E.; Sáenz, M. 1985. Análisis de Crecimiento de chayote (*Sechium edule* Sw.) Turrialba 35: 395-402

Vaieretti, M. V; Diaz, S; Ville, E. y Garnier, E.. 2007. Two measurement methods of leaf dry matter content produce similar results in a broad range of species. Ann. Bot. 99(5): 955 – 958.

Vidal, J.L. 2005. Efectos del factor térmico en el desarrollo y crecimiento inicial del pimiento (*Capsicum annum*) cultivado en campo. Tesis maestría Universidad Nacional Tucuman. Argentina.

Viera, W. 2002. Evaluación de fungicidas in vitro y pruebas de resistencia de cinco variedades de tomate de árbol (*Solanum Betaceum* Cav.) para Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoidea*) Tesis de Ing. Agr. Ecuador. Universidad Central del Ecuador. 40p.

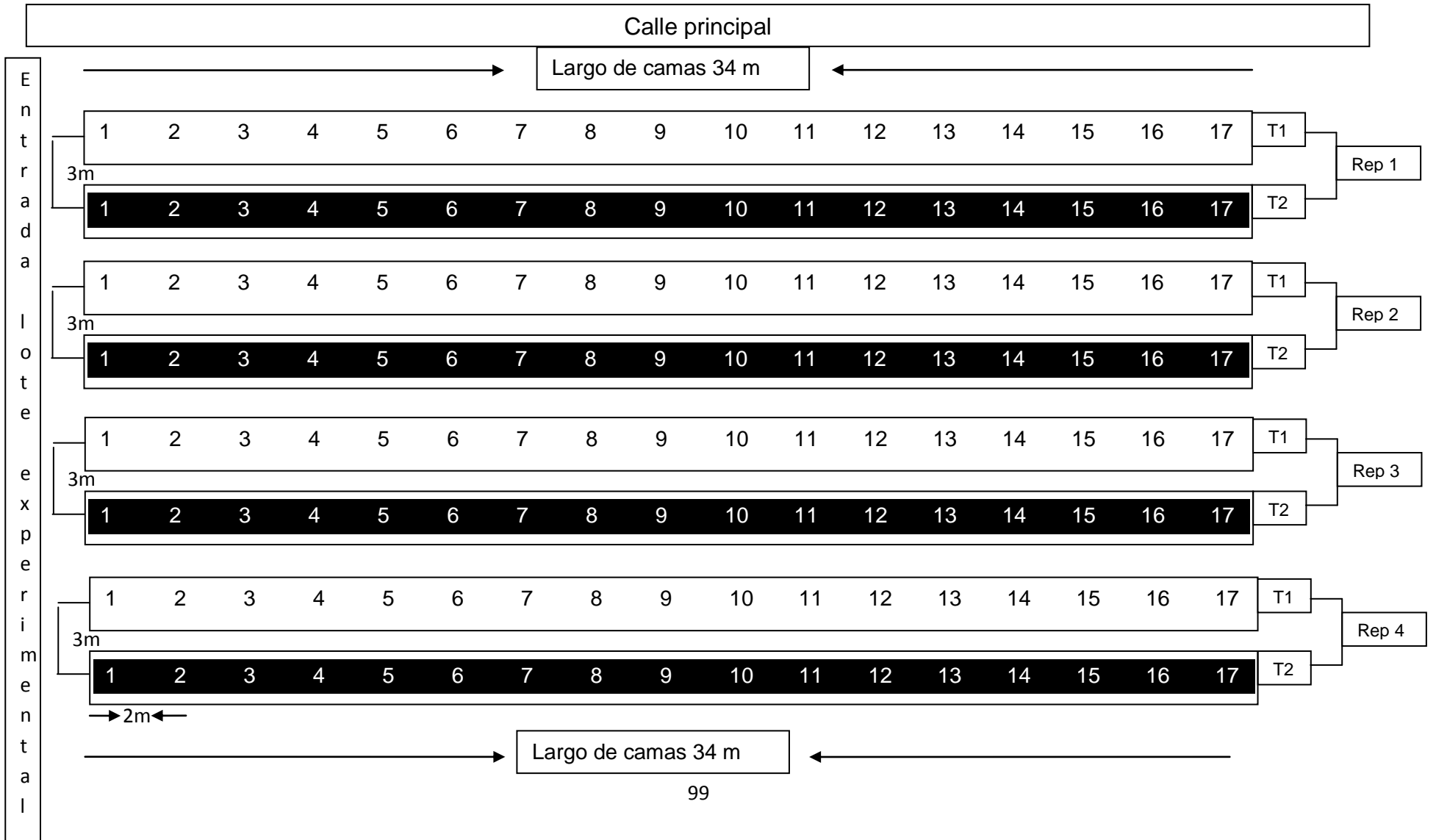
Villapando, J y Ruiz, A. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa. México, p. 133

Werner, R y Leihner, D. 2005. Análisis de Crecimiento Vegetal. Villalobos R.E. (ed.). Editorial Universidad de Costa Rica, Turrialba. Vol. 7. 41p

Yamber. S.A Marzo, 2014. <http://www.yanbercr.com/peliculas-flexibles-polietileno>.

Zapata, C; y Acevedo, E. 2004 Comportamiento de isocurvas de altura en relación con el rendimiento y distribución de asimilados en trigo. Agricultura técnica.

**ANEXOS**  
**Anexo A MAPA DE CAMPO**



**Anexo B**  
**Registro Temperatura Ambiental**

	<b>T máx</b> °C	<b>T min</b> °C
Junio	21	4
Julio	26	12
Agosto	27	12
Septiembre	26	10
Octubre	24	4
Noviembre	27	12
Diciembre	25	12
Enero	26	6
Febrero	28	4
Marzo	30	10
Abril	29	10
Mayo	28	6
Junio	27	6
Julio	25	4
Agosto	20	6
Septiembre	33	10
Octubre	27	8
Noviembre	20	4
Diciembre	28	11

T máx = Temperatura máxima mensual

T min = Temperatura mínima mensual

### Anexo C

#### Registro temperatura de suelo a una profundidad d 0,20 cm

	T° cp	T° sp
Junio	18,25	12,75
Julio	20,00	11,75
Agosto	17,75	14,25
Septiembre	20,25	15,75
Octubre	16,75	11,00
Noviembre	17,75	14,50
Diciembre	20,25	17,25
Enero	18,00	10,75
Febrero	17,25	11,25
Marzo	19,75	17,75
Abril	20,25	16,00
Mayo	16,25	11,25
Junio	17,75	13,5
Julio	17,25	10,25
Agosto	17,5	11,25
Septiembre	20,5	18,5
Octubre	20,75	17,25
Noviembre	19,5	10,25
Diciembre	18,15	15,25

Tcp= Temperatura del suelo con la cobertura plástica

Tsp = Temperatura del suelo sin la cobertura

### Anexo D

### Prueba de t para Aparición del órgano floral

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	235,5	256
Varianza	7	8,66666667
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-10,3584686	
Valor -p	0,000050**	

\*\*Altamente significativo

### Anexo E

#### Prueba de t para Floración

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	265,25	287,25
Varianza	5,58333333	4,91666667
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	5,25	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-13,5786948	
Valor -p	0,0000098**	

\*\*Altamente significativo

### Anexo F

### Prueba de t para formación de fruto

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	297,25	317,75
Varianza	4,91666667	6,25
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	5,58333333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-12,2693648	
Valor – p	0,000017**	

\*\*Altamente significativo

### Anexo G

#### Prueba de t para maduración de frutos

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	535,75	556,75
Varianza	2,91666667	10,9166667
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-11,29239	
Valor – p	0,000028**	

\*\*Altamente significativo

### Anexo H

### Prueba de t para diámetro polar de frutos maduros

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	8,6	6,4
Varianza	0,39333333	0,46666667
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	4,74464202	
Valor – p	0,00031**	

\*\*Altamente significativo

### Anexo I

#### Prueba de t para diámetro ecuatorial de frutos maduros

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	6,325	4,6
Varianza	0,32916667	0,20666667
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	4,71307371	
Valor – p	0,00032**	

\*\*Altamente significativo

### Anexo J



### Prueba de t para rendimiento

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	2240	1600
Varianza	25000	79266,6667
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	3,96403267	
Valor – p	0,0074**	

\*\*Altamente significativo