



Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones
Agropecuarias

FECHA DE PRESENTACIÓN: Agosto - 2012

ESTACIÓN EXPERIMENTAL: Santa Catalina

PROGRAMA: Fruticultura

PROYECTO: Línea de financiamiento para investigaciones del INIAP (SENESCYT)

ACTIVIDAD: Selección de materiales promisorios de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) con resistencia a "Antracnosis" (*Colletotrichum* sp.), productividad y calidad del fruto.

UBICACIÓN: Provincia(s): Pichincha; Tungurahua
Cantón (es): Quito; Pelileo
Parroquia(s): Tumbaco, Chiquicha

AUTOR(es): Egda. María Tamba

COAUTOR (es): Dr. Wilson Vásquez
Ing. Pablo Viteri
Ing. William Viera

COLABORADOR(es): Ing. Juan León
Ing. Anibal Martínez
Dr. Eduardo Morillo

FECHA DE INICIO: Marzo 2012

FECHA DE TERMINACIÓN: Octubre 2013

PRESUPUESTO: SENESCYT 15 000 USD
INIAP 4 000 USD

FUENTES DE FINANCIAMIENTO: SENESCYT: 79 %
INIAP: 21 %

1. ANTECEDENTES

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) es una planta nativa de América del Sur, su centro de origen más probable son las selvas y bosques ubicados al noroeste de Argentina y el sur de Bolivia; debido a su diversidad genética encontrada, el norte de Perú y sur de Ecuador son considerados el centro de domesticación de esta planta (Revelo *et ál.*, 2004). Pertenece a la familia de las solanáceas, es de tipo semi perenne, se puede cultivar desde los 1500 m hasta los 2800 m de altitud, en climas templados secos a sub cálidos húmedos (León *et ál.*, 2004).

El cultivo lo realizan principalmente pequeños y medianos agricultores de los valles de la sierra, siendo las principales provincias productoras: Imbabura, Tungurahua, Azuay, Chimborazo, y Carchi, la superficie plantada se ha incrementado en la última década de 4 847 ha en el año 2000 a 7 172 ha en el 2010, no así los rendimientos que poseen una tendencia a la baja y se ubican en los 5.97 t/ha y 3.66 t/ha en los años señalados. Las principales causas de la disminución en el rendimiento son atribuidos a problemas ocasionados por insectos plaga y enfermedades (León *et ál.*, 2004; MAGAP-III CAN-SIGAGRO, 2011).

La "Antracnosis" (*Colletotrichum* sp.), es una de las enfermedades más importantes del cultivo de tomate de árbol debido a que se encuentra ampliamente distribuida en las zonas productoras (Morales, 2001). La mayor incidencia de la enfermedad se presenta en épocas lluviosas, con temperaturas promedio entre 13 a 15 °C y humedad ambiental del 95 % (Agrios, 1995). El hongo que causa la antracnosis además de afectar las ramas, presenta su daño más notorio en los frutos en diferentes estados de desarrollo, los cuales muestran inicialmente decoloración y pequeñas lesiones aceitosas que gradualmente se tornan negras, aumentando de tamaño y cubriendo parcial o totalmente el fruto (Tamayo, 2003).

En investigaciones realizadas sobre el comportamiento de los cultivares comerciales frente a la "Antracnosis", se determina que tanto los cultivares anaranjados como morados son susceptibles al patógeno, en parcelas de investigación y huertos comerciales se pueden alcanzar pérdidas entre el 50 y 100 % de la producción; debido a lo cual, el productor se ve obligado a ocupar nuevas zonas de cultivo con la consiguiente expansión del patógeno (Viera, 2002, Revelo *et ál.*, 2004, y Rondón, 2000).

Estudios de mejoramiento genético realizados por CORPOICA con germoplasma de tomate de árbol y especies relacionadas, con el objetivo de buscar genes de resistencia a la "Antracnosis" del fruto, han permitido encontrar fuentes de resistencia en la especie silvestre *Cyphomandra uniloba* (Lobo *et ál.*, 2000). Considerando que las especies silvestres han resistido a la selección natural, han superado el ataque de fitopatógenos por su especial constitución genética, son fuentes valiosas de mejora de cultivares de importancia comercial (Albornoz, 1992).

La resistencia encontrada en la especie silvestre *Cyphomandra uniloba*, debe recomprobarse, siendo necesario estudiar la estabilidad de la misma, su amplitud contra diversas razas, al igual que determinar la herencia y heredabilidad de la característica y la expresión del atributo en híbridos inter específicos (Lobo *et ál.*, 2000). Mediante programas de mejoramiento genético utilizando la selección masal e hibridación con asistencia de técnicos moleculares y la posterior selección de progenies élites es posible combinar fuentes de resistencia para obtener líneas específicas con las características deseadas (Cubero, 1999).

En Ecuador, a través de las investigaciones realizadas por el Programa Nacional de Fruticultura-Granja Experimental Tumbaco del INIAP, en el año 2006 se evaluaron segregantes de cruzamientos ínter específicos entre *Solanum betaceum* x *Cyphomandra uniloba* y *Solanum betaceum* x *Solanum materna*, obteniendo altos niveles de resistencia a “Antracnosis” pero deficiente calidad del fruto en cuanto a tamaño, color de pulpa y sabor, por lo que se realizó retrocruzamientos hacia *Solanum betaceum* para recuperar dichas características (Proaño, 2008).

Posteriormente, se realizó la evaluación y selección de las progenies generadas de la retrocruza, en función de la resistencia a la “Antracnosis”, comportamiento agronómico y calidad del fruto (Coloma, 2010), con los mejores segregantes obtenidos de este ciclo se estableció un lote experimental incluyendo testigos susceptibles que permitieron una infección natural del patógeno y se seleccionó materiales de cinco familias promisorias (Romero, 2011).

2. JUSTIFICACIÓN

La “Antracnosis” en tomate de árbol causada por el hongo del género *Colletotrichum* sp., es conocida por nuestros agricultores como “ojo de pollo”, y constituye uno de los principales problemas fitosanitarios en tomate de árbol, debido a la magnitud de pérdidas productivas que ocasiona; la susceptibilidad de los cultivares comerciales de tomate de árbol a la “Antracnosis” se debe en gran parte a la poca variabilidad genética de la especie, por lo que es necesario ampliar la base genética, mediante la hibridación de especies relacionadas en planes de mejoramiento, con el fin de incorporar genes de resistencia y mantener los atributos de calidad del fruto.

El frecuente uso de agroquímicos aplicados al tomate de árbol para mantener una baja incidencia del patógeno, ha generado cada vez más resistencia del patógeno, al grado que el combate químico llega a ser prácticamente ineficiente y sumamente costoso; además produce un constante perjuicio al ambiente, a la salud del agricultor y el consumidor.

Por lo expuesto, el Programa Nacional de Fruticultura del INIAP, con el fin de generar una alternativa de manejo sostenible a la “Antracnosis” en tomate de árbol, evaluará en campo materiales provenientes de un proceso de hibridación y selección, con el fin de encontrar resistencia a “Antracnosis”, productividad y calidad del fruto, de modo que constituya una alternativa productiva y rentable para el productor; para lo cual se evaluarán materiales de cinco grupos promisorios obtenidos en un ciclo de selección anterior, mediante propagación clonal y segregación de plantas madre que han manifestado diferentes grados de resistencia a “Antracnosis”, para efectuar una selección familiar e individual en función de los caracteres requeridos.

3. OBJETIVOS

GENERAL

- Seleccionar materiales promisorios de tomate de árbol en función de la resistencia a “Antracnosis” (*Colletotrichum* sp.), productividad y calidad del fruto.

ESPECÍFICOS

- Evaluar clones y segregantes de tomate de árbol en base a la resistencia a la “Antracnosis” del fruto en las provincias de Pichincha y Tungurahua.
- Determinar la productividad y calidad del fruto de los clones y segregantes preseleccionados en dos localidades.

- Identificar molecularmente los aislados de *Colletotrichum* sp. procedentes de dos zonas en evaluación.

4. HIPÓTESIS

Ho: Los clones y segregantes de tomate de árbol en evaluación no presentan diferencias en la resistencia a "Antracnosis", productividad y características de calidad del fruto.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1 Material vegetativo

- Plantas de tabaquillo (*Nicotiana glauca*)
- Plantas de palo blanco (*Solanum auriculatum*)
- Semillas de segregantes preseleccionados del retrocruzamiento $\{(Cyphomandra\ uniloba\ x\ Solanum\ betaceum)\ x\ Solanum\ betaceum\}$
- Brotes apicales de tomate de árbol preseleccionados.

5.1.2 Invernadero

- Fundas de polietileno
- Tierra negra y pomina
- Navaja y cinta de injertar
- Tijera de podar
- Etiquetas de identificación
- Bomba de mochila

5.1.3 Campo y laboratorio

- Tutores
- Letreros de identificación
- Piola plástica para tutoreo
- Alambre galvanizado no. 14
- Flexómetro
- Abono orgánico
- Agroquímicos
- Herramientas de campo
- Calibrador digital
- Balanza
- Refractómetro manual
- Papel toalla
- Cajas petri
- Medio PDA
- Hipoclorito de sodio
- Cámara fotográfica.

5.2 Metodología

Para cumplir con los objetivos establecidos, se realizarán parcelas experimentales con clones (plantas propagadas vegetativamente) en la Granja Experimental Tumbaco-Pichincha y con segregantes de tomate de árbol (plantas desarrolladas a partir de semillas) en Pelileo-Tungurahua. Tanto los clones como los segregantes se obtendrán de familias preseleccionadas.

Cuadro 1. Material vegetativo a utilizarse en cada localidad.

LOCALIDADES	MATERIALES	Propagación de tomate de árbol	Porta injertos
Granja Experimental Tumbaco (Pichincha)		Clonal	Tabaquillo
Pelileo - Chiquicha (Tungurahua)		Semilla	Palo blanco

5.2.1. Características del sitio experimental

5.2.1.1. Ubicación Geográfica y condiciones climáticas.

Cuadro 2. Ubicación geográfica y condiciones climáticas de las localidades.

LOCALIDADES		LOCALIDAD 1	LOCALIDAD 2
DESCRIPCIÓN			
Ubicación geográfica ¹	Provincia	Pichincha	Tungurahua
	Cantón	Quito	Pelileo
	Parroquia	Tumbaco	Chiquicha
	Altitud (m)	2 348	2 600
	Latitud	00° 13' 00" S	01°19' 57" S
	Longitud	78° 24' 00" O	78° 27' 49" O
Condiciones climáticas ²	Temperatura media anual (°C)	17.2	14.0
	Precipitación media anual (mm)	800	900
	Humedad relativa promedio anual (%)	75	85

5.2.2. Selección de clones de tomate de árbol

5.2.2.1. Tratamientos

Estarán constituidos por cinco grupos promisorios de tomate de árbol obtenidas por injertación de ramillas de árboles seleccionados en un ensayo de evaluación de antracnosis realizado en la Granja Tumbaco, y un testigo comercial (anaranjado gigante).

¹ Fuente: Datos de la Granja Experimental Tumbaco. INIAP.

² Fuente: INAMHI, 2006. Boletín meteorológico. Quito

Cuadro 3. Número de plantas a evaluarse en Tumbaco-Pichincha.

Cruzamientos	Origen	Codific. actual	Número de plantas
[[<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>) x <i>Solanum betaceum</i>] x <i>Solanum betaceum</i> anaranjado.	Grupo GT ₁₅ planta 4	GT ₁₅ t ₁	15
	Grupo GT ₁₀ planta 3	GT ₁₀ t ₂	15
[[<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>) x <i>Solanum betaceum</i>] x <i>Solanum betaceum</i> morado.	Grupo GT ₇ planta 3	GT ₇ t ₃	15
	Grupo GT ₁₃ planta 5	GT ₁₃ t ₄	15
[[<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>) x <i>Solanum betaceum</i>] x <i>Solanum betaceum</i> anaranjado	Grupo GT ₉ planta 1	GT ₉ t ₅	15
<i>Solanum betaceum</i> anaranjado	Testigo	GT t ₆	15
TOTAL			90

5.2.2.2. Procedimiento para selección de clones de tomate de árbol

5.2.2.2.1. Diseño experimental

- Tipo de diseño: Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA)
- Número de repeticiones: 3
- Unidad experimental: Estará constituida por 5 plantas dispuestas a una distancia de 2.0 m entre plantas y espaciada a 1.5 m entre hileras. (Ver anexo No 1).

5.2.2.2.2. Análisis estadístico

- Esquema del Análisis de Varianza

Cuadro 4. Análisis de varianza para la evaluación de clones de tomate de árbol. Tumbaco-Pichincha.

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	17
Tratamientos	5
Repeticiones	2
Error Experimental	10
Promedio	
Coficiente de variación	%

- Análisis funcional: Se realizará la Prueba de Tukey al 5 %.

5.2.3. Selección de segregantes de tomate de árbol

5.2.3.1. Segregantes

Se establecerán cinco grupos promisorios de tomate de árbol obtenidas por injertación de varetas con yema terminal de plántulas desarrolladas de semillas de frutos seleccionados en un ensayo de evaluación de antracnosis realizado en la Granja Tumbaco, y un testigo comercial (anaranjado gigante). El gráfico de la disposición del experimento a efectuarse en Pelileo-Tungurahua se presenta en el anexo No 2. El pedigrí del proceso de mejoramiento realizado en el tomate de árbol por el Programa de Fruticultura del INIAP se presenta en el anexo No 3.

Cuadro 5. Número de plantas a evaluarse en Pelileo-Tungurahua.

Cruzamientos	Origen	Codific. actual	Número de plantas
[[<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>] x <i>Solanum betaceum</i>] x <i>Solanum betaceum</i> anaranjado.	Grupo GT ₁₅ planta 4	GT ₁₅ g ₁	60
	Grupo GT ₁₀ planta 3	GT ₁₀ g ₂	100
[[<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>] x <i>Solanum betaceum</i>] x <i>Solanum betaceum</i> morado.	Grupo GT ₇ planta 5	GT ₇ g ₃	120
	Grupo GT ₅ planta 2	GT ₅ g ₄	100
[[<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>] x <i>Solanum betaceum</i>] x <i>Solanum betaceum</i> anaranjado	Grupo GT ₉ planta 1	GT ₉ g ₅	80
<i>Solanum betaceum</i> anaranjado	Testigo	GT g ₆	40
TOTAL			500

5.2.3.2. Procedimiento para selección de segregantes de tomate de árbol

5.2.3.2.1. Análisis genético de los segregantes

- Modelo estadístico

Se utilizará un modelo mixto lineal (Lynch y Walsh, 1998), utilizando el método de probabilidad máxima residual (Restricted Maximum Likelihood; REML), en el cual la media general de cada variable constituirá los efectos fijos, mientras que los efectos al azar serán los genotipos (segregantes). El tipo de análisis que se llevará a cabo será el univariado, en forma de matriz, el modelo para el análisis univariado será el siguiente:

$$y = X\beta + Zu + e$$

Donde:

- y = Vector conteniendo los valores fenotípicos para la variable medida en n individuos
- β = Vector del efecto fijo
- u = Vector del efecto al azar
- X y Z = Matrices índices
- e = Vector de las desviaciones residuales que se asumen son distribuidas independientemente de los efectos genéticos al azar.

- Componentes de la varianza (fenotípica, genética y ambiental)

La variación entre individuos se puede deber a factores genéticos y/o ambientales. Los estimados de los componentes de la varianza (Gilmour, *et ál.*, 1995) para los efectos al azar se estimarán directamente del modelo estadístico usando el paquete ASREML versión 3.

- Valores empíricos de mejoramiento

El mejor predictor lineal insesgado (Best Linear Unbiased Predictors; BLUP), (Henderson, 1973) se utilizarán para estimar los valores de mejoramiento empíricos (Estimated Breeding Value; eBV) los cuales serán usados como predicción del valor genético relativo en padres y progenie. Estos valores se calcularán directamente del modelo utilizando el paquete estadístico ASREML.

- Correlaciones fenotípicas

La correlación fenotípica mide la asociación que existe entre dos características en un mismo individuo. Serán calculadas como los coeficientes de correlación de Pearson entre los datos observados en el análisis univariado.

- Correlaciones genéticas

Las correlaciones genéticas indican la modificación o cambio en una característica dada al hacer selección por otra. Serán estimadas como la correlación entre los eBV en el análisis multivariado.

- Heredabilidad

La heredabilidad (h_2) es la proporción de la variación fenotípica en una población, atribuible a la variación genotípica entre individuos. Conocer h_2 permite predecir qué tanto incrementará la media de la población en la próxima generación en función de que tanto la media de los parentales seleccionados difiere de la media de la población de la cual fueron escogidos los progenitores.

Los componentes de la varianzas obtenidos del análisis univariado serán utilizados para estimar la heredabilidad en el sentido estricto:

$$h_2 = VA/VP = VA / (VA + VR)$$

Donde:

h_2 = Heredabilidad en el sentido estricto

VA = Varianza genética aditiva

VP = Varianza fenotípica

VR = Varianza residual.

Los errores estándar para los estimados de la heredabilidad serán obtenidos usando el método Jackknife (Buzas, 1997).

- Transformación de datos

Con los datos obtenidos en cada variable se procederá a realizar gráficos de la distribución de los residuales para determinar si estos necesitan ser transformados ($\log 10$, \sqrt{X} o arcsen).

5.2.3.2.2. Selección de los mejores segregantes

De acuerdo a los resultados que se obtengan de las correlaciones genéticas se procederá aplicar el método de selección más adecuado.

Por ejemplo si obtenemos valores de correlación genética bajos (menor a 0.4) se realizará una selección directa simple tomando los mejores individuos de las mejores familias considerando los valores eBV para las características deseadas; mientras que si se obtiene valores de correlación genética relativamente altos (mayor a 0.4) o altos (mayor a 0.6). Se podría utilizar el método de Índice de Selección el cual se aplicará para seleccionar los mejores individuos basados en dos o más características. Este índice será calculado utilizando el programa estadístico R versión 2.13.0 (R Development Core Team, 2011).

5.3 Variables y métodos de evaluación

Se evaluarán las mismas variables en los dos experimentos en las dos localidades.

5.3.1 Evaluación de la “Antracnosis”

5.3.1.1. Porcentaje de frutos infectados (%)

Se contabilizará el número de frutos que presenten síntomas y se obtendrá el porcentaje de frutos infectados. Las lecturas se realizarán cada 30 días durante tres meses, para determinar la curva de evolución de la enfermedad.

$$\text{Incidencia} = (\text{Suma de frutos enfermos} / \text{Suma del total de frutos}) \times 100.$$

5.3.1.2. Severidad de la enfermedad (%)

Se registrará el porcentaje de infección o daño del fruto en base a una apreciación porcentual relacionando el área afectada del fruto versus el área sana, considerando a un fruto sano como 0 % y a uno momificado como 100 %, utilizando para ello el promedio de diez frutos enfermos, cosechados o caídos. Las lecturas se realizarán cada 30 días durante tres meses.

5.3.1.3. Diámetro de la lesión (cm)

En veinte frutos enfermos se medirá con un calibrador el diámetro de una lesión, y se utilizará el promedio, los datos serán corregidos en función del tamaño del fruto. Las lecturas se realizarán una sola vez en una época de mayor incidencia de la enfermedad.

5.3.1.4. Identificación molecular de la especie del género *Colletotrichum*

La identificación será ejecutada por el Departamento de Biotecnología, mediante técnicas de marcadores moleculares con el uso de las muestras de frutos enfermos de las dos zonas de evaluación.

5.3.2. Evaluación de Agronomía y Fenología

5.3.2.1. Altura de Planta (cm)

Se medirá con un flexómetro en centímetros la altura de dos plantas por parcela, desde el punto de injertación hasta el ápice de la rama más alta. Esta variable se registrará cuando se inicie la floración.

5.3.2.2. Inicio de floración (d)

Se registrará el número de días que transcurran desde el trasplante hasta cuando por lo menos una planta de cada grupo, presente una flor abierta.

5.3.2.3. Inicio Cosecha (d)

Se determinarán los días que transcurran desde el inicio de floración hasta que los primeros frutos presenten el 75 % de coloración característica.

5.3.3 Evaluación de Rendimiento y Calidad

5.3.3.1. Rendimiento (kg)

En cada tratamiento o grupo se registrará el peso total de los frutos (sanos y enfermos) cosechados por planta, expresándose en kilogramos por planta, desde la primera cosecha por un lapso de tres meses.

5.3.3.2. Clasificación de los frutos

Los frutos cosechados se clasificarán en cinco categorías, en base al diámetro ecuatorial, posteriormente se obtendrá el número y peso de los frutos por categoría, expresándolo en kilogramos.

Cuadro 6. Calibres del tomate de árbol.

Diámetro (mm)	Código de calibre
≥ 61	A
60-55	B
54-51	C
50-46	D
≤ 45	E

Fuente: Comisión del Códex Alimentarius, 2009.

5.3.3.3. Color de la cáscara de los frutos

El color de la cáscara se registrará con el uso de la siguiente escala arbitraria, con base al color predominante.

Cuadro 7. Determinación del color predominante en la cáscara de los frutos.

COLOR DE LA CÁSCARA DEL FRUTO	CALIFICACION
Anaranjados	4
Rojos	3
Morados	2
Amarillos	1

5.3.3.4. Color del mucílago de las semillas

El color del mucílago se registrará en función de la siguiente escala arbitraria.

Cuadro 8. Calificación para determinar color del mucílago.

COLOR DEL MUCÍLAGO DE LAS SEMILLAS DEL FRUTO	CALIFICACIÓN
Anaranjado	3
Rojo	2
Morado	1

5.3.3.5. Contenido de sólidos solubles y acidez

Con el jugo de tres frutos en la madurez de consumo, se reportará los sólidos solubles en grados Brix, utilizando un refractómetro manual. La pulpa de la fruta será congelada para determinar posteriormente la acidez titulable, que se reportará como porcentaje de ácido cítrico. Estos análisis se realizarán durante las primeras cosechas

5.4 Métodos de manejo del experimento

5.4.1. Procedencia del material de propagación

Para el establecimiento de los clones de tomate de árbol se seleccionarán y podarán brotes apicales de los árboles previamente seleccionados en INIAP, mismos que serán desinfectados, envueltos en papel húmedo identificados y colocados en fundas plásticas para su conservación previa a la injertación.

Para el establecimiento de las plantas segregantes de tomate de árbol se elegirán los mejores frutos de los árboles preseleccionados de los que se extraerán las semillas y se formará un semillero de cada material.

5.4.2. Preparación del sustrato

Se utilizará un sustrato cernido constituido por: dos partes de tierra negra y una parte de pomina, previamente desinfectado con vapor de agua a una temperatura de 80 °C durante 45 minutos.

5.4.3. Obtención de Semillas

Se seleccionarán frutos de tomate de árbol sanos y maduros, que posean características similares en tamaño, forma y coloración. Se cortará longitudinalmente el fruto, se extraerán las semillas dejándolas en fermentación por dos días, luego se lavarán y secarán bajo sombra. De igual forma se extraerán semillas de frutos maduros de la planta de Palo blanco.

5.4.4 Siembra en el semillero

Se elaborarán pequeñas hileras con un espacio de 5 cm entre ellas, con una profundidad no mayor a tres veces del tamaño de la semilla; se colocarán las semillas a 1 cm de separación entre ellas, finalmente se cubrirá con una fina capa de tierra negra y se colocará una malla sarán.

5.4.5 Trasplante a fundas

Se realizará cuando las plántulas de tomate de árbol presenten dos hojas primarias y una altura promedio de 5 cm, en fundas que contengan el mismo sustrato como el preparado para el semillero. Las fundas estarán ordenadas e identificadas individualmente y se mantendrán bajo invernadero hasta que las plántulas alcancen el diámetro adecuado para la injertación. De la misma manera se realizará en trasplante de palo blanco para utilizarlo como porta injerto.

5.4.6. Injertación

Para la obtención de clones de tomate de árbol se injertarán ramillas de tomate de árbol mediante la técnica de Púa Terminal en porta injertos de Tabaquillo (*Nicotiana glauca*); mientras que para los segregantes se utilizarán varetas con yema terminal de las plántulas desarrolladas bajo invernadero, y mediante la misma técnica se injertarán en plantas de Palo blanco (*Solanum auriculatum*).

5.4.7. Preparación del terreno

Se realizará un pase de arado y uno de rastra con la finalidad de desintegrar las capas duras del suelo y nivelar la superficie. El suelo recién trabajado se expondrá durante 15 días a la acción de los agentes medio ambientales.

5.4.8. Trazado, hoyado y plantación

Se trazará el lote de terreno con el uso de piolas y estacas, se realizarán los hoyos de 0.35 m de diámetro por 0.35 m de profundidad. La plantación de los clones se realizará a una distancia de 2.0 m entre plantas y 1.5 m entre hileras, mientras que la plantación de los segregantes de tomate de árbol se realizará a 1.5 m entre plantas e hileras.

5.4.9. Abonadura, fertilización y riego

La incorporación de abonos y fertilizantes se efectuará de acuerdo a las necesidades del cultivo, basándose en las recomendaciones de análisis de suelo. Se realizará riego por corona con un aporte inicial de 15 litros/árbol y en el estado de producción un aporte de 40 litros/árbol, con una frecuencia de riego de 7 días, que variará en función de las condiciones del ambiente; procurando siempre mantener una humedad adecuada en toda la parcela. Al momento del trasplante se realizará una abonadura al hoyo con 3 kg de compost, 100 g de 18-46-0 y 50 g de Sulpomag.

5.4.10. Controles fitosanitarios

Se aplicarán fungicidas específicos contra *Oidium spp* y *Phytophthora infestans*, que no afecten el desarrollo de *Colletotrichum sp*. El combate de plagas se orientará especialmente contra chinches y pulgones con productos específicos, los mismos que se aplicarán el momento en que se detecte la presencia de la plaga.

5.4.11. Poda y Tutores

La poda se ejecutará con el fin de eliminar las ramas bajas, ramas entrecruzadas y enfermas. Se colocarán los tutores para amarrar las ramas y evitar el desgaje de las mismas.

5.4.12. Deshierbas

Las deshierbas se realizarán oportunamente cuando los ensayos lo requieran.

5.4.13. Cosecha de frutos

Se realizará en forma manual, cuando los frutos presenten el 75 % del color característico a la madurez, con el uso de la tabla de color descriptiva reportada por Revelo, 2011. La cosecha se realizará durante tres meses desde el momento que ha empezado la fase de fructificación. Se recolectarán los frutos caídos con "Antracnosis" para incluirlos en la evaluación de las variables correspondientes.

5.4.14. Identificación molecular de la especie del hongo *Colletotrichum*

Se colectarán muestras de los tejidos enfermos de los frutos en evaluación para el aislamiento del hongo a partir de una mancha individual. Las muestras se lavarán con agua y jabón, se extraerán pedazos de 0.2 cm² del tejido afectado por el patógeno, los mismos que se desinfectarán con una solución de hipoclorito de sodio al 2 %, durante dos minutos. Luego se lavará tres veces con agua destilada esterilizada (ADE), para luego depositar cinco pedazos en forma equidistante en cajas petri con el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), para incubar el patógeno a 25 °C por 7 días y luego purificarlo (INIAP, 2010).

Además, se realizará un cultivo monospórico de *Colletotrichum* sp. Para la identificación molecular del patógeno, las muestras serán enviadas al Departamento de Biotecnología de la EESC-INIAP.

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MESES																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. Elaboración del anteproyecto	■	■	■																	
3. Adquisición de insumos	■	■	■																	
4. Recolección de ramillas	■	■	■																	
5. Elaboración de semilleros	■	■	■																	
6. Trasplante de plántulas del semillero a fundas	■	■	■																	
7. Injertación	■	■	■	■	■	■														
8. Manejo de plantas en el vivero	■	■	■	■	■	■	■	■												
9. Preparación del terreno	■	■	■	■	■	■	■	■												
10. Trazado y establecimiento de la plantación	■	■	■	■	■	■	■	■												
11. Manejo de plantas en el campo		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12. Cosecha															■	■	■	■	■	■
13. Colecta de frutos enfermos y aislamiento del patógeno															■	■	■	■	■	■
14. Envío a laboratorio para identificación de la especie del género <i>Colletotrichum</i>															■	■	■	■	■	■
15. Registro de datos															■	■	■	■	■	■
16. Análisis estadístico de datos																			■	■
17. Elaboración del documento final																			■	■

7. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT. USD	P. TOTAL USD
REC. HUMANO				
Becario	mes	12	400.00	4 800.00
Contrato jornal ocasional	mes	7	372.00	2 604.00
MATERIALES				
Gavetas plásticas 14 kg	Unidad	6	6.00	36.00
Papel toalla	Unidad	24	2.00	48.00
Cajas petri	Paquete	5	0.20	100.00
Bisturí	Caja	1	15.00	15.00
Medio PDA	Frasco	1	100.00	100.00
Agua destilada	gal	2	5.00	10.00
Hipoclorito de sodio	gal	1	5.00	5.00
Rolopack	Rollo	1	38.00	38.00
Guantes de látex	Caja	1	10.00	10.00
Detergente líquido	litro	12	3.00	36.00
Postes para conducción	Unidad	56	12.00	672.00
Alambre galvanizado no. 14	Rollo	3	45.00	135.00
Paja plástica tutorar	Rollo	12	4.60	55.20
Tijera de podar	Unidad	2	54.00	108.00
Análisis de Suelo	Muestra	2	25.00	50.00
Análisis molecular del patógeno	Muestra	1	100.00	100.00
Rótulos de madera	Unidad	54	2.00	108.00
Arada y rastrada	Hora	4	25.00	100.00
Materia orgánica	m ³	50	15.00	750.00
Fertilizantes y bioestimulantes	varios			2 000.00
Fungicidas e insecticidas	varios			1 017.00
MOVILIZACIÓN				
Combustible	Galones	280	1.48	414.00
Subsistencia	Diario	14	30.00	420.00
MATERIA PRIMA				
Plantas injertas de tomate de árbol	Planta	850	1.00	850.00
MAT. OFICINA				
Marcadores permanentes	Unidad	12	3.00	36.00
Papel bond (INEN A ₄)	Resmas	10	4.00	40.00
Cinta scotch de papel	Unidad	6	1.00	6.00
Esferográficos	Unidad	12	0.50	6.00
CD Rw	Unidad	24	1.00	24.00
Libro de campo	Unidad	1	12.00	12.00
MAT. OFICINA				
Tóner de impresora	Unidad	1	140.00	140.00
Copias, empastado tesis	Unidad	7	30.00	210.00
TOTAL				15 000
FUENTES DE FINANCIAMIENTO		Porcentaje aporte (%)		
SENECYT (EFECTIVO)		15 000		79 %
INIAP(ESPECIE)		4 000		21 %
TOTAL				100 %

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, N. 1995. Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán 2ª ed. México (Méx.): Noriega Editores. p. 280, 344, 357, 404.
- Albornoz, G. 1992. El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt) en el Ecuador. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Fundación para el Desarrollo Agropecuario (FUNDAGRO). Quito-Ecuador. p. 91-93.
- Buzas, J. S. (1997). Fast estimators of the jackknife. *American Statistician*, 51(3), 235-240. Cartwright, B., Tiller, K. G., Zarcinas, B. A., & Spouncer, L. R. (1983). The Chemical Assessment of the Boron Status of Soils. *Australian Journal of Soil Research*, 21(3), 321-332.
- Coloma, C. 2010. Evaluación y selección de genotipos promisorios de tomate de árbol con resistencia a antracnosis y calidad de fruta, injertados en dos patrones de solanáceas. Tesis Ing. Agr. Quito, EC, Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias.
- Comisión del código alimentarius, 2009, "Anteproyecto de norma para el tomate de árbol (N18-2008)", <http://www.cclac.org/documentos/CCFFV/2009/3%20Documentos/Documentos%20Espa%C3%B1ol/ff1509s.pdf>. (Julio 2012).
- Cubero, J. 1999. Introducción a la mejora genética Vegetal. pp. 272-280.
- Gilmour, A. R., Thompson, R., & Cullis, B. R. (1995). Average information REML: An efficient algorithm for variance parameter estimation in linear mixed models. *Biometrics*, 51(4), 1440-1450.
- Henderson, C. R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in honor of Dr. Jay L. Lush, held July 29, 1972, at Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. 10-41.
- INIAP. 2010. Informe Anual del Programa Nacional de Fruticultura. Actividad: Identificación molecular y caracterización genética y patológica de *Colletotrichum* sp. aislados de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam), tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y chirimoya (*Annona cherimola* Mill) provenientes de zonas productoras en Ecuador.
- León, J., Viteri, P. y Cevallos, G. 2004. Manual del cultivo de tomate de árbol. INIAP-PROMSA. Quito. Manual N° 61. 51 p.
- Lobo, M.; Medina, C.I.; Cardona, M. 2000. Resistencia de Campo a la Antracnosis de los Frutos (*Colletotrichum gloeosporioides*) en Tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* Cav. Sendt.). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Colombia. p.1134-1139.
- Lynch, M., & Walsh, B. (1998). Genetics and analysis of quantitative traits. Sunderland, USA: Sinauer Associates.
- MAGAP-III, CAN-SIGAGRO, 2011. Estadísticas Agropecuarias. Estimación de superficie cosechada, producción y rendimiento. Quito-Ecuador.

Morales, J. 2001. Diagnóstico agro socio-económico del cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt) en cuatro provincias de la sierra ecuatoriana. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 91 p.

Proaño, D. 2008. Caracterización y selección de segregantes de cruzamientos inter específicos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) con resistencia a antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), y atributos agronómicos deseables evaluados en las provincias de Pichincha y Tungurahua. Tesis Ing. Ag. Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ciencias Agropecuarias, Ambientales y Forestales. Latacunga. 139 p.

R Development Core Team. (2011). The R project for statistical computing (Version 2.13.0). Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <http://www.r-project.org/foundation/> (last access November 2011).

Revelo, V. 2011. Evaluación de la Calidad poscosecha en genotipos mejorados e injertos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). Tesis Ing. Agroind. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. 166 p.

Revelo, J; Mora, E.; Reyes, M. 2004. Comportamiento de genotipos comerciales de tomate de árbol a las enfermedades nudo de la raíz, antracnosis del fruto, tizón tardío y mancha negra del tronco. Quito, INIAP-PROMSA.

Romero, S. 2011. Selección agronómica de clones provenientes de la crucea [(*Cyphomandra uniloba* x *Solanum betaceum*) x *Solanum betaceum*] x *Solanum betaceum*. Tumbaco-Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito, EC, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.

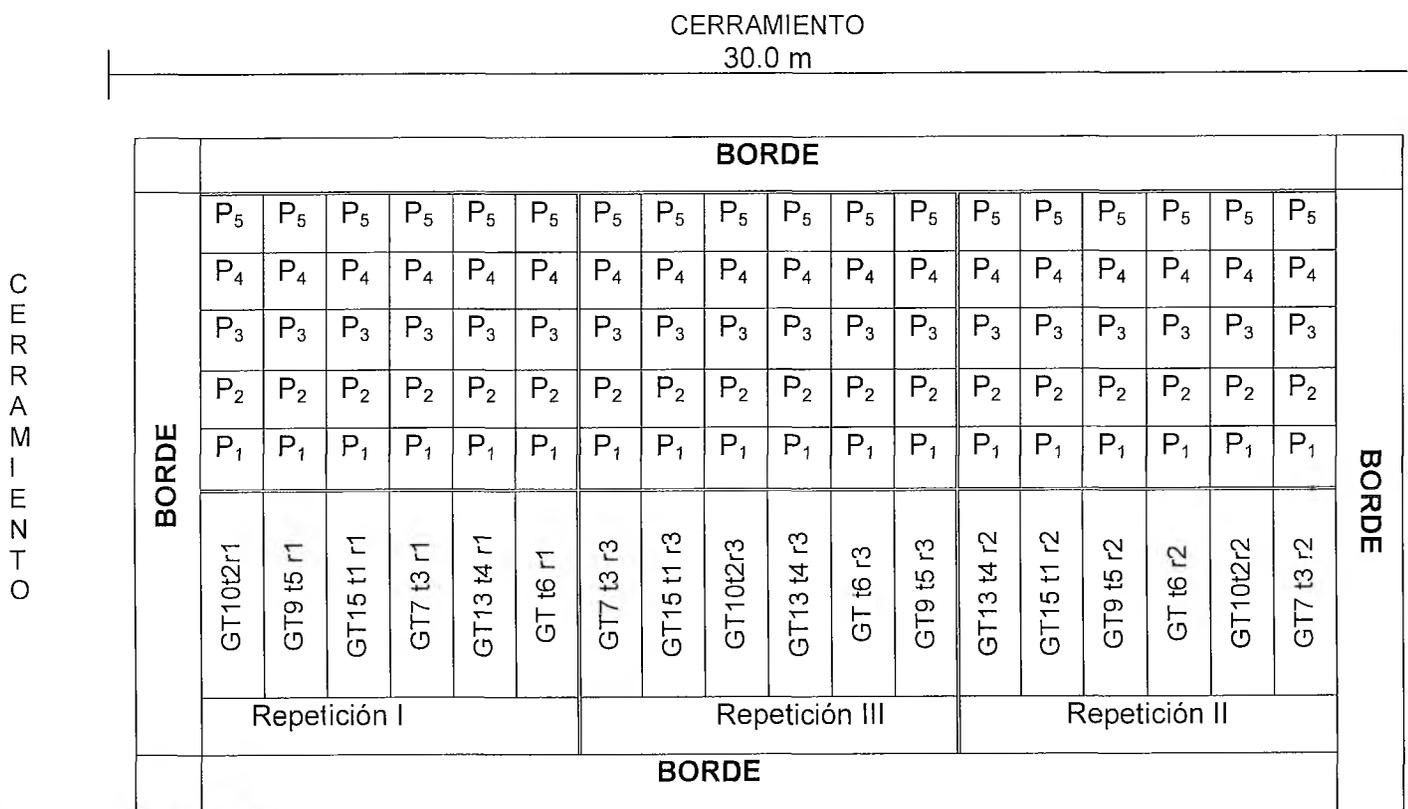
Rondón, J. 1998. Estudio biológico y epidemiológico de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*, penz), del tomate de árbol (*Solanum betaceum*, (Cav) Sendt), y generación de alternativas para su manejo integrado en Colombia. PRONATTA. Bogotá. 20 p.

Tamayo P. 2003. Principales enfermedades del tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia. CORPOICA. Centro De Investigación "La Selva". Boletín técnico 20. p.6.

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 gloeosporioides*), Cutuglahua, Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito, EC, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.

9. ANEXOS

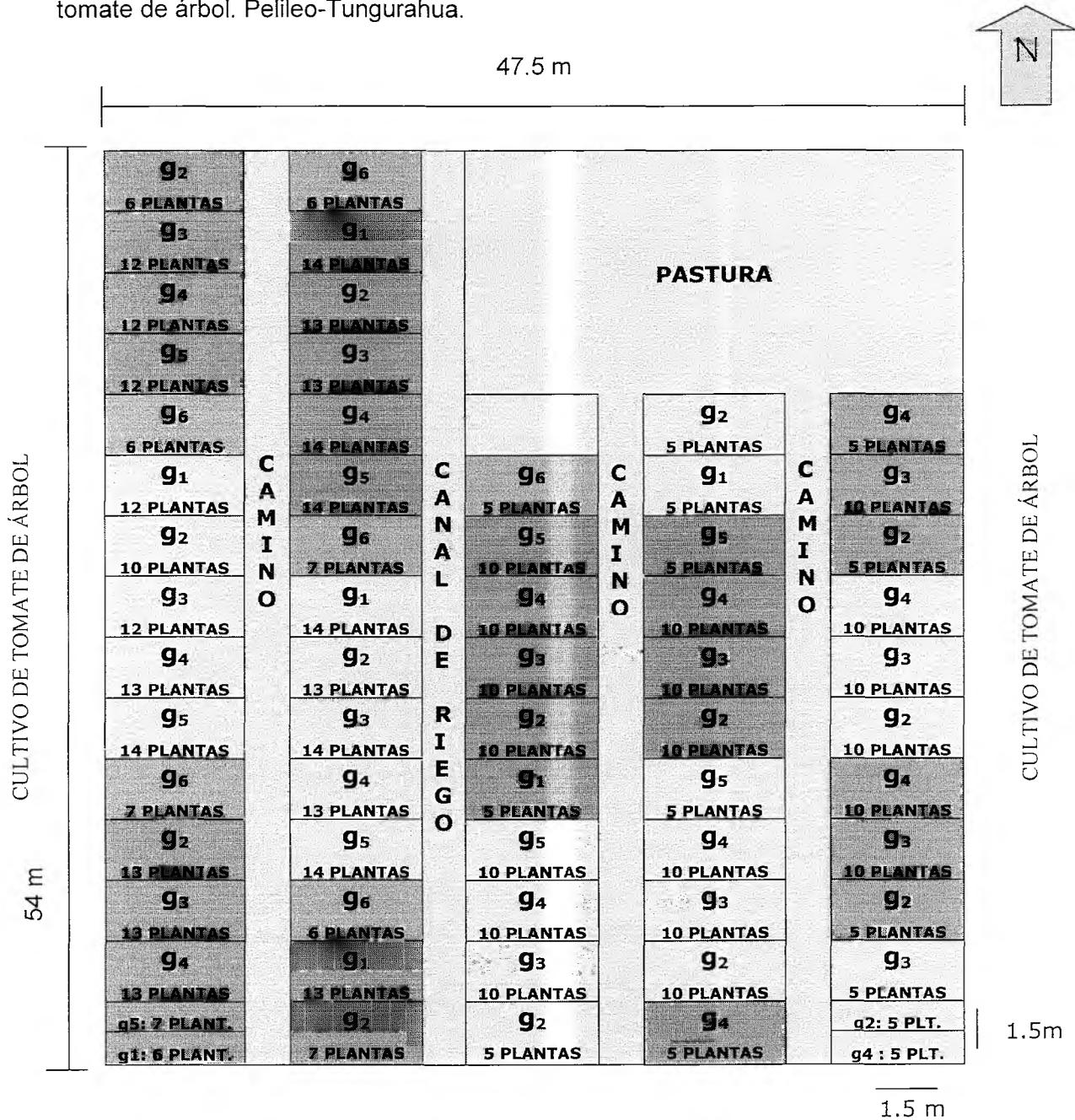
Anexo No 1. Gráfico de la disposición del experimento en campo de clones de tomate de árbol. Tumbaco-Pichincha.



* P= Planta

BARRERA ROMPEVIENTOS

Anexo No 2. Gráfico de la disposición del experimento en campo de segregantes de tomate de árbol. Pelileo-Tungurahua.



* g₀ = Testigo (*Solanum betaceum*)

CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL

No 3. Pedigrí del proceso de mejoramiento realizado en tomate de árbol, Programa de Fruticultura-INIAP, Tumbaco-Pichincha

Generación	Año	Cruzamientos	Características	Plantas seleccionadas	
*C F ₂	2004-2006	(<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i> Morado) (<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i> Anaranjado) (<i>Cyphomandra materna</i> x <i>Solanum betaceum</i> Anaranjado)	Resistencia Tolerancia	P 16 P 15 P 3 P 12	
R ₁ F ₂	2006-2008	[(<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>) x <i>Solanum betaceum</i>]	Resistencia Tolerancia Calidad	GT 45 GT 14 GT 27 GT 31 GT 34	GT 19 GT 39 GT 47 GT 186 GT 233 GT 75
*R ₂ *F ₂	2008-2010	{[(<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>) x <i>Solanum betaceum</i> Anaranjada] x <i>Solanum betaceum</i> Anaranjada}. {[(<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>) x <i>Solanum betaceum</i> Morado] x <i>Solanum betaceum</i> Anaranjada}.	Resistencia Tolerancia Características Agronómicas	P 9-13 P 23-42 P 6-31 P 8-37 P 8-310	P 20-16 P 20-19 P 14-17 P 14-15 P 14-11
F ₃	2010-2012	Polinización cruzada {[(<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>) x <i>Solanum betaceum</i> Anaranjada] x <i>Solanum betaceum</i> Anaranjada}. {[(<i>Cyphomandra uniloba</i> x <i>Solanum betaceum</i>) x <i>Solanum betaceum</i> Morado] x <i>Solanum betaceum</i> Anaranjada}.		GT 15 P4 GT 10 P3 GT 7 P5 GT 7 P3 GT 9 P1 GT13 P5	

Fuente: Programa Nacional de Fruticultura. INIAP. Elaborado por: Vásquez W. y Viteri P. 2012

*C = Cruza
*R= Retrocruza
*F= Filial