



**FUNDACION PARA EL DESARROLLO AGROAMBIENTAL Y SOCIAL
DEL SUROCCIDENTE COLOMBIANO**

**“INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE
LA INFECCIÓN DE VIRUS
PREVALENTES EN GENOTIPOS DE
TOMATE DE ÁRBOL EN LA ZONA
ALTA ANDINA”**

**Manzana A Casa 16 B/Villa Teruel - Teléfono 7 22 84 05 - Cel. 317886 3748 San Juan
de Pasto**

INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

Nombre proyecto:		“INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE LA INFECCIÓN DE VIRUS PREVALENTES EN GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL EN LA ZONA ALTA ANDINA”		
Identificación y caracterización de la propuesta.		Tipología: “Investigación y Desarrollo Experimental” Sub-Tipología: “Investigación Aplicada”		
Entidad proponente:		Gobernación de Nariño - FUNDASURCO		
Entidad beneficiaria:		Municipio de Buesaco, Municipio de La Florida, Municipio de Sandona, Municipio de Ipiales, Municipio de Providencia, Municipio Yacuanquer		
Entidad ejecutora:		Gobernación de Nariño		
Otras instituciones participantes:		Asohofrucol	Universidad Nacional Abierta y a Distancia	Universidad Nacional de Colombia- sede Palmira
Duración del proyecto (meses):		48 meses		
Costo Total del Proyecto:		\$ 8.787.546.007,01		
Monto solicitado:		\$ 8.424.155.575,01		
Monto Total de la Contrapartida:		\$ 363,390,432		
Contrapartida de las entidades participación:		ASOHOFRUCOL.	En efectivo: No	En especie: \$ 15,000,000
		FUNDASURCO	En efectivo: No	En especie: \$ 21,000,000
		UNAD	En efectivo: No	En especie: \$ 121,500,000
		UNAL	En efectivo: No	En especie: \$ 205,890,432
Lugar de ejecución del proyecto:	Buesaco, La Florida, Sandona, Ipiales, Providencia, Yacuanquer	Departamento: Nariño		
Persona responsable del Proyecto:		GOBERNACION DE NARIÑO - FUNDASURCO.		

GLOSARIO

Abiótico: En el ámbito de la biología y la ecología, el término abiótico designa a aquello que no es biótico, es decir, que no forma parte o no es producto de los seres vivos

ADN: Abreviatura de ácido desoxirribonucleico.

Alelo: Es cada una de las formas alternativas que puede tener un mismo gen que se diferencian en su secuencia y que se puede manifestar en modificaciones concretas de la función de ese gen

AMV: *Alfalfa mosaic virus (Virus del mosaico de la alfalfa)*

Bióticos: Los factores bióticos son los organismos vivos que influyen la forma de un ecosistema.

cDNA: Copia de ácido desoxirribonucleico.

Cebador: o primer está formado por cadenas cortas de nucleótidos de ácidos nucleicos (ARN - ADN)

Cromosoma: Es cada una de las estructuras altamente organizadas, formadas por ADN y proteínas, que contiene la mayor parte de la información genética de un individuo.

CMV: *Cucumber mosaic virus (Virus del mosaico del pepino)*

ARN: Ácido ribonucleico

DES: Dietil sulfato.

ECAs: Escuelas de Campo para Agricultores.

Genotipo: El genotipo se refiere a la información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.

Georreferenciar: es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datos específicos.

Germoplasma: El germoplasma es el conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras. El concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar a la diversidad genética de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura y, en ese caso, se asimila al concepto de recurso genético.

Híbrido: Un híbrido es el organismo vivo animal o vegetal procedente del cruce de dos organismos por la reproducción sexual de razas, especies o subespecies distintas, o de alguna o más cualidades diferentes.

Metilación: es un proceso por el cual se añaden grupos metilo al ADN. La metilación modifica la función del ADN cuando se encuentra en el gen promotor. La metilación del ADN generalmente actúa para reprimir la transcripción génica.

Mutagénesis: En genética se denomina mutagénesis a la producción de mutaciones sobre ADN, clonado o no.

Oligos: Un oligonucleótido, primer o cebador, es una secuencia corta de ADN o ARN, con cincuenta pares de bases o menos.

Patógenos: Es todo agente que puede producir enfermedad o daño a la biología de un huésped, sea animal o vegetal.

PAMV: *Potato aucuba mosaic virus, Virus del mosaico de la papa aucuba.*

Potyviridae: La familia Potyviridae es la más extensa dentro de los virus que afectan las plantas, y está incluida en el supe grupo Picorna. Los miembros de este supe grupo tienen en común la similitud en sus estrategias de replicación y organización genómica y son responsables de varias enfermedades de plantas

RT-PCR: La reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa (RT-PCR),

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

Solanum betaceum: *Tomate de árbol*

TaLMV: *Tamarillo leaf malformation Virus (Virus de la malformación de la hoja del Tomate de árbol)*

Taq Polimerasa: es un tipo de enzima ADN polimerasa termoestable, nombrada de esta forma debido a que es producida por la bacteria *Thermus aquaticus*.

Termocicladores: Es también conocido como máquina de PCR o reciclador térmico de PCR, es un aparato usado en biología molecular que permite realizar los ciclos de temperaturas necesarios para una reacción en cadena de la polimerasa de amplificación de ADN o para reacciones de secuencia con el método de Sanger.

ToMV: *Tomato mosaic virus: (Virus del mosaico del tomate)*

Virosis: El concepto de virosis designa de modo general a aquellas enfermedades que tienen su origen en virus patógenos. O sea que la virosis es una patología que es desencadenada por un virus que ingresa en el cuerpo de una persona.

Virosfera: conjunto de todos los virus presentes en la tierra, en este caso en los ecosistemas donde se desarrolla el tomate de árbol.

TABLA DE CONTENIDO

INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO	2
GLOSARIO	3
DESCRIPCION DEL PROYECTO	9
RESUMEN	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. PROBLEMA CENTRAL	9
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN EXISTENTE CON RESPECTO AL PROBLEMA ...	9
1.3. MAGNITUD ACTUAL DEL PROBLEMA – INDICADORES DE REFERENCIA	11
1.4 ARBOL DE PROBLEMAS	15
2. ANTECEDENTES.....	16
3. JUSTIFICACION.....	19
3.1. CONTRIBUCION DEL PROYECTO “INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE LA INFECCIÓN DE VIRUS PREVALENTES EN GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL EN LA ZONA ALTA ANDINA” A LA POLITICA PÚBLICA	21
3.1.1. Contribución al Plan Nacional de Desarrollo.....	21
3.1.2. Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial	25
3.1.3. Articulación con PECTIA:	27
3.1.4. Planes de Desarrollo Municipales:.....	29
4. PREGUNTA DE INVESTIGACION.....	31
5. ESTUDIO DE NECESIDADES.....	31
5.1. Descripción de Bienes o Servicios	31
5.1.1. Bien o Servicio Objetivo 1	31
5.1.2. Bien o Servicio Objetivo 2	32
5.1.3. Bien o Servicio Objetivo 3	32
5.1.4. Bien o Servicio Objetivo 4	32
5.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCION.....	33
5.3. EVALUACIÓN DE CRITERIOS.....	33
5.4. JUSTIFICACION DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS IDENTIFICADAS	34

6.3 Descripción de la alternativa seleccionada “investigación evaluación de la infección de virus prevalentes en genotipos de tomate de árbol en la zona alta andina”	35
7. MARCO TEORICO	36
7.1 Tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>	36
7.2 Origen y distribución.....	36
7.3 Dispersión	37
7.4 Biología floral	37
7.5 Variabilidad genética.....	38
7.6 Estado del arte de la investigación.....	39
8. IDENTIFICACION Y ANALISIS DE PARTICIPANTES	46
8.1. Identificación de los participantes	46
8.2. Análisis de los participantes	48
8.2.1 Antecedentes de las entidades participantes	48
8.2.2 Coordinación entre participantes	51
8.2.3 Papel que desempeñan en el proyecto y participación en actividades propuestas	52
9. MATRIZ DE MARCO LOGICO.....	54
10. ARBOL DE OBJETIVOS DEL PROGRAMA Y/O PROYECTO.....	56
10.1 OBJETIVO GENERAL	57
10.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	57
11. LOCALIZACIÓN, ZONAS DE IMPACTO Y POBLACIÓN OBJETIVO	58
11.1 Descripción del cálculo de la población objetivo	59
11.2 Descripción del cálculo de la población afectada	59
12. METODOLOGIA	60
12.1 OBJETIVO 1. IDENTIFICAR LA ZONIFICACIÓN GEOGRÁFICA DE VIRUS PREVALENTES QUE AFECTAN EL CULTIVO DEL TOMATE DE ÁRBOL <i>Solanum betaceum</i>	60
Bien o Servicio Objetivo 1	60
12.2.1 Georreferenciar la ubicación actual de la enfermedad	60
12.2.2. Recolectar muestras vegetales de plantas con presencia de síntomas	61
12.2.4 Protección y divulgación	64

12.3 OBJETIVO 2. CARACTERIZAR MOLECULAR Y BIOLÓGICAMENTE LOS PRINCIPALES VIRUS QUE AFECTAN LA SANIDAD DEL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL <i>Solanum betaceum</i> .	68
Bien o Servicio Objetivo 2	68
12.3.1 Detectar molecularmente la virosfera prevalente que infectan el tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>	68
12.3.1.4 Amplificación de ácidos nucleicos y secuenciación.	69
12.3.2 Identificar los virus prevalentes mediante secuenciación y análisis bioinformáticos de sus genomas.	70
12.3.3 Caracterizar biológicamente la infección de los virus prevalentes que infectan el tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i> .	71
12.3.4 Protección y divulgación	72
12.4 OBJETIVO 3. AMPLIAR LA VARIABILIDAD GENÉTICA DENTRO DE LA ESPECIE <i>Solanum betaceum</i> .	75
Bien o Servicio Objetivo 3	75
12.4.1 Inducir variabilidad genética mediante el agente mutagénico DES en genotipos de <i>Solanum betaceum</i> .	75
12.4.2 Determinar la variación citogenética inducida en las plantas tratadas con DES	78
12.4.3 Detectar molecularmente la variación genética inducida en las plantas tratadas con DES.	79
12.4.4 Protección y divulgación:	80
12.5 OBJETIVO 4. SELECCIONAR GENOTIPOS DE <i>Solanum betaceum</i> CON POTENCIAL AGRONÓMICO TOLERANTES A VIRUS PREVALENTES.	80
Bien o Servicio Objetivo 4	80
12.5.1 Evaluar y seleccionar en ensayos de infectividad genotipos de <i>Solanum betaceum</i> tolerantes al virus prevalente.	81
12.5.2 Evaluar la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos tolerantes al virus prevalente.	81
12.5.3 Protección y divulgación:	83
13. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA PROPUESTA.	86
14. COMPORTAMIENTO DEL MERCADO PARA TOMATE DE ARBOL	87
14.1 Contexto del mercado actual	87
14.2 Análisis del impacto económico de las infecciones virales en tomate de árbol	92
15. IMPACTOS ESPERADOS	96
15.1 Impactos del proyecto en el departamento de Nariño	96

15.2 Impactos ambientales y socioeconómicos.	96
15.3 Beneficios de los grupos de interés relacionados con la cadena	96
15.4 Medio ambiente.....	97
16. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	97
17. MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS.....	99
17.1 Contribución del proyecto a la adaptabilidad en la variabilidad climática	100
18. DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO	100
19. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES FISICAS Y FINANCIERAS	102
20. TABLA DE PRODUCTOS E INDICADORES DE LA PROPUESTA	103
20. BIBLIOGRAFIA.....	104
21. PLANO DE CUBIERTA PLASTICA INSTALADA PARA EQUIPAMIENTO	111
22. RIEGO INSTALADO PARA EQUIPAMIENTO	112

DESCRIPCION DEL PROYECTO

RESUMEN

El tomate de árbol es un frutal muy importante para la zona Andina de Colombia. Comenzó a tomar un gran auge debido al alto consumo como fruta fresca, como materia prima para la industria y al alto contenido de vitaminas y demás compuestos que ayudan a prevenir enfermedades. Pese a la demanda creciente no ha logrado desarrollarse debido a la oferta nula o escasa de cultivares mejorados para la siembra, al alto grado de vulnerabilidad a problemas sanitarios debido a la co-evolución natural de las poblaciones de los patógenos, bajo nivel de selección a que ha sido sometida la especie y las semillas que siembran los agricultores tienen un origen desconocido.

El problema más limitante para el departamento de Nariño, es la infección de la virosis del tomate de árbol. El manejo de este tipo de enfermedad se basa en prevenir que los virus lleguen o se establezcan en los cultivos, sin embargo, los productores no cuentan con el conocimiento de la dispersión del virus, ni con genotipos mejorados o seleccionados por su capacidad de tolerancia o resistencia a este tipo de enfermedad. En este proyecto se plantea determinar la ubicación actual y potencial acorde con variables climáticas en municipios productores del departamento de Nariño y realizar una modelación espacial de la distribución geográfica del virus; Caracterizar molecular y biológicamente los principales virus que afectan la sanidad del cultivo de tomate de árbol con el fin de detectar e identificar la virosfera prevalente mediante secuenciación y análisis bioinformático; Ampliar la variabilidad genética dentro de la especie *Solanum betaceum* mediante la inducción de mutagénesis con DES con el fin de generar variabilidad genética y evaluarlos mediante ensayos de infectividad sobre sus niveles de tolerancia o resistencia tanto en condiciones controladas como en campo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PROBLEMA CENTRAL

Limitado conocimiento científico de genotipos tolerantes a la infección del virus prevalente en tomate de árbol *Solanum betaceum* en la zona Alto Andina del departamento de Nariño.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN EXISTENTE CON RESPECTO AL PROBLEMA

El Tomate de árbol es una especie que presenta muchos problemas sanitarios asociados a patógenos que limitan el desarrollo del cultivo. El desconocimiento de su infección con la planta impide realizar un manejo agronómico adecuado. Dentro de los problemas bióticos más limitantes del cultivo del tomate de árbol en Nariño, está la alta incidencia de enfermedades que de forma genérica se denominan virosis (Tamayo, 1990; Tamayo, 1996;

Cruz, 2005; Ayala, 2009). La virosis produce una disminución en el crecimiento, deformación de tejidos, mosaicos y reducción en la producción, lo que conlleva a grandes pérdidas en el rendimiento. Existen reportes que indican que es un complejo de virus donde prevalecen miembros de la familia Potyviridae, de los cuales se desconoce su variabilidad genética y no se ha podido establecer un manejo adecuado bajo las condiciones de la zona andina del departamento de Nariño. Esta problemática es de elevado interés ya que este tipo de patologías, por su naturaleza, no pueden ser tratadas directamente y hasta el momento no se ha encontrado una fuente de tolerancia o resistencia dentro del germoplasma que se conoce. Una de las alternativas es el uso de la variabilidad genética existente dentro de la misma y de especies relacionadas, para afrontar de manera eficiente los problemas bióticos y abióticos que limitan su producción.

Los cultivares de Tomate de árbol existentes, no han sido evaluados para la tolerancia, los cuales exhiben un alto grado de vulnerabilidad a problemas sanitarios debido a la coevolución natural con poblaciones de patógenos, y al bajo nivel de selección genética a que ha sido sometida la especie. Igualmente, las semillas que siembran los agricultores pueden producir plantas con alta susceptibilidad a problemas virales, aumentando la incidencia y la severidad de la virosis en el departamento y por ende, elevando los costos de producción del cultivo, tanto por la aplicación infructuosa de agroquímicos, como por la necesidad de erradicación de cultivos afectados.

A pesar de la alta potencialidad del cultivo tomate de árbol, éste se desarrolla con bajos niveles tecnológicos basados en costumbres y experiencias propias de los productores, donde la investigación aplicada y básica en relación al cultivo, a los agentes causales y a los vectores de las enfermedades virales es escasa y de bajo presupuesto. En este sentido, lo anterior es otro factor que eleva los costos de producción, ya que existe una brecha tecnológica nacional sobre el manejo de las enfermedades virales en que afectan las plantaciones y por ende a los productores de tomate de árbol en la región.

Todo lo anterior se refleja en una reducción considerable del área sembrada, debido a la falta de genotipos tolerantes a la virosis, al desconocimiento de aspectos como: biología viral, infección de complejos virales y manejo de la virosis. Todas estas deficiencias de conocimiento repercuten en los aspectos financieros de los productores, como en la reducción de la cantidad y calidad de fruta producida lo que limita que el cultivo pueda ampliar su área de siembra y su desarrollo sostenible. Además, las grandes pérdidas, producto del bajo rendimiento, llevan al productor a erradicar campos cultivados, empeorando aún más la problemática financiera de éste, obligándolo a realizar inversiones no planificadas dentro de los costos de producción. Así mismo, los periodos productivos de los cultivos se reducen, disminuyendo la disponibilidad de fruta en los mercados. Esta problemática es recurrente, donde la dependencia de uno o pocos materiales de siembra susceptibles a virosis se refleja en la pérdida de la variabilidad genética, la heterogeneidad de cultivares establecidos con semilla no certificada y finalmente, predios que serán foco de infección para cultivos hospederos colindantes de la misma o de otras especies. Todo esto

es visible en Nariño y se da por los mismos problemas del sector identificados a nivel nacional.

Con base en lo anterior, es necesario adelantar esta investigación con el fin de identificar especies de virus asociadas a la Virosis del Tomate de árbol y conocer su distribución geográfica en la zona andina de Nariño. Así mismo, evaluar la variabilidad genética que se genere a través de procesos de mutagénesis, para identificar posibles fuentes de resistencia o tolerancia a la enfermedad con características asociadas a una mejor calidad de fruto, de modo que se contribuya a resolver el problema de la baja competitividad de la cadena hortofrutícola del departamento.

1.3. MAGNITUD ACTUAL DEL PROBLEMA – INDICADORES DE REFERENCIA

Magnitud del problema central:

En Nariño, existe escaso conocimiento científico en torno a la posible tolerancia de genotipos a la virosis del tomate de árbol. Hasta el momento, existen solo cuatro estudios en Nariño enfocados a la detección serológica y molecular de virus. Uno de estos estudios lo reporta Salazar *et al.*, (2010), quienes evaluaron un germoplasma conformado por 47 genotipos de tomate, de los cuales el 95.74% presentan un índice de severidad del virus de la mancha aceitosa desde moderadamente susceptibles hasta altamente susceptibles. Tan solo el 4,26% de los genotipos evaluados presentan algún tipo de tolerancia bajo condiciones de invernadero.

El segundo lo reporta Betancourth *et al.*, (2003), quienes registraron la ocurrencia de una enfermedad viral en el departamento de Nariño caracterizada por inducir manchas aceitosas, clorosis, mosaicos, distorciones en color, tamaño y forma de las hojas y frutos. Su agente causal se determinó como una posible especie del género *Potyvirus*, ya que presentaba morfología de varilla flexuosa, de 800 nm y su transmisión fue confirmada mediante áfidos de la especie *M. persicae* e inoculación mecánica.

El tercer estudio lo reporta Rodríguez (2010), quien afirma que la enfermedad denominada como “Virosis” en el municipio de Córdoba (Nariño), es causada por un complejo viral constituido por miembros de los géneros *Potyvirus* (PVY), *Cucumovirus* (CMV), *Tobamovirus* (ToMV) y *Polerovirus* (PLRV), los cuales generan diversidad de sintomatologías en este cultivo. Además, recomiendan que es necesario continuar con estudios que evalúen el efecto individual de estos virus sobre el cultivo y sus mecanismos de transmisión con la planta.

El cuarto estudio se realizó en semilla de tomate de árbol tomada de viveros de Antioquia, Putumayo, Cundinamarca y Nariño, donde se identificaron los géneros *Potyvirus*, *Polerovirus*, *Cucumovirus*, *Tobamovirus* y *Nepovirus*, entre otros. Algunos resultados serológicos con la prueba de ELISA y moleculares indican la presencia de virus en la

semilla de este frutal, confirmándose la transmisión vertical de PVY y PLRV a plántulas germinadas a partir de semillas provenientes de frutos sintomáticos Alvarez *et al.*, (2011).

Magnitud de las causas:

En Nariño se reportan escasos estudios tendientes a identificar la presencia de virus en zonas productoras de tomate de árbol, a diferencia de departamentos como Antioquia, donde estudios recientes han detectado la presencia de un complejo viral en siete regiones productoras, identificando la presencia de los virus AMV, CMV, PLRV, ToRSV y de los Potyvirus PVY y TaMLV, en diferentes cultivos de este departamento, siendo los Potyvirus (detectados con anticuerpos universales para este grupo), CMV y PLRV los de mayor incidencia, con niveles promedio de 76%, 57 y 41%, respectivamente.

Fuente: Cuspoca (2007); Jaramillo (2009).

Investigaciones realizadas en Antioquia detectaron un nuevo virus (TaLMV) aunque es necesario completar la secuencia de su genoma para confirmar la validez de esta hipótesis taxonómica. Esta investigación representa una base importante en el conocimiento que se tiene en Colombia sobre los agentes causales virales de tomate de árbol. Sin embargo, es necesario profundizar en aspectos como los mecanismos de transmisión de estos virus, los efectos individuales y de su infección sobre las variedades de este cultivo en el país.

Fuente: Ayala *et al.*, 2010.

La reducida diversidad genética en los cultivos de tomate se explica por el proceso de domesticación relativamente reciente de la especie y por un conjunto de factores geográficos, ecológicos y fenológicos que fomentan la homogenización genética entre y dentro de los cultivos. Se detectaron valores de similitud genética entre las accesiones del 80 al 100%.

Fuente: Peñafiel *et al.*, 2009.

En estudios preliminares de evaluación de genotipos de tomate de árbol y tomate silvestre a la virosis, se encontraron 45 genotipos susceptibles con un periodo de incubación de 15 a 25 días y 2 genotipos promisorios para el manejo de la enfermedad en la región.

Fuente: Betancourth *et al.*, 2010

Magnitud de los efectos:

La falta de estudios básicos sobre diversidad, ausencia en programas de conservación y de estadísticas en el sector agropecuario colombiano ha generado reducciones en el área dedicada al cultivo, las cuales no han sido completamente registradas, ya que oficialmente a nivel nacional sólo se obtienen cifras de este frutal hasta el año 2004. Sin embargo, en fuentes locales como el Anuario Estadístico de Antioquia de 2008, se indica que en este

departamento para el año 2007, se perdieron o fueron erradicadas por los agricultores cerca de 1.533 has del cultivo. Evidenciando una limitación en cuanto a disponibilidad de artículos publicados en revistas indexadas, de libros y/o capítulos con información relacionada al manejo del virus, de proyectos financiados que generen nuevos conocimientos, respuestas y soluciones a esta problemática, de bases de datos y de investigadores interesados por el tema.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006; Gobernación de Antioquia, 2008

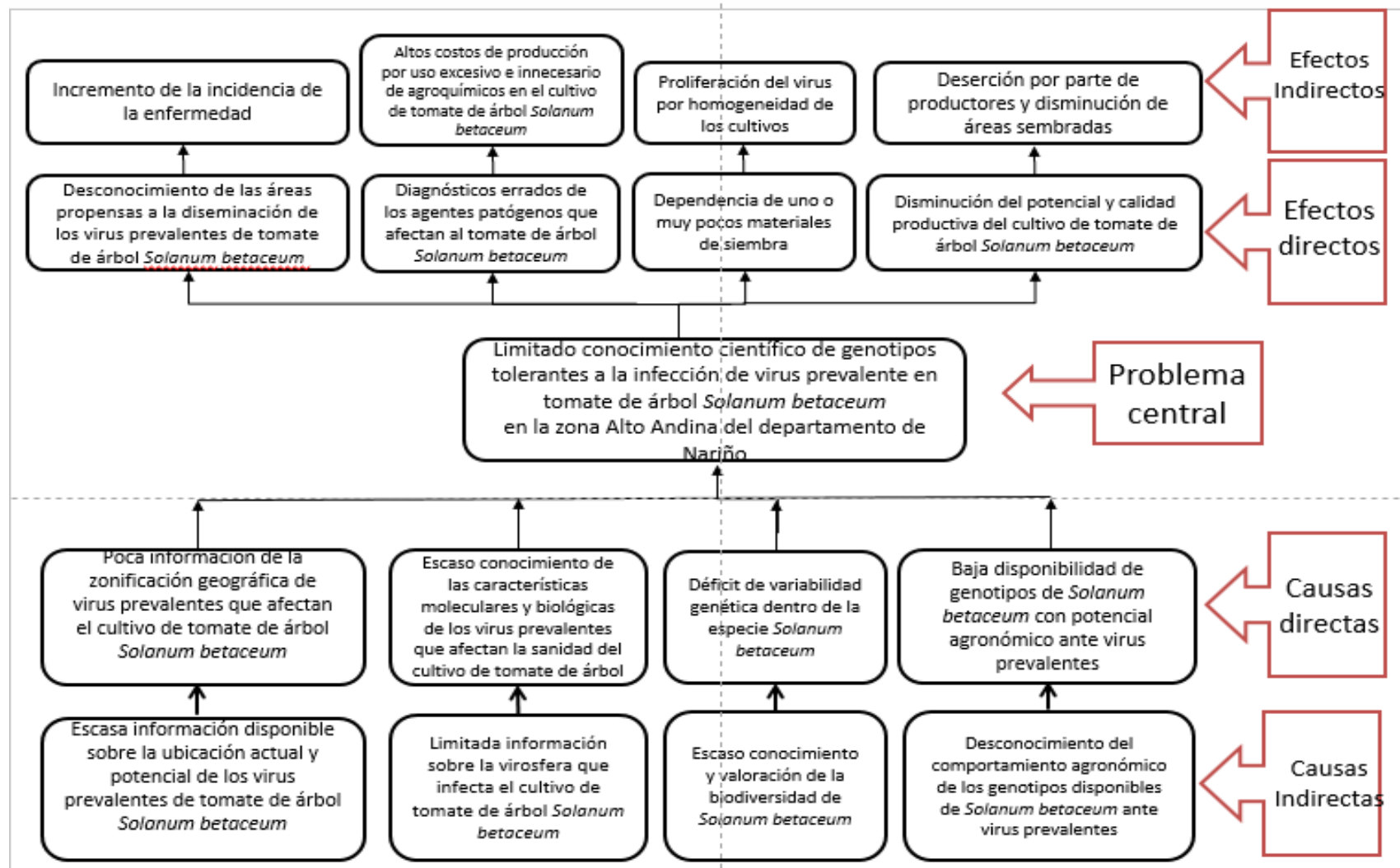
Contexto: Colombia es el noveno proveedor de frutas exóticas del mundo y sus exportaciones se han incrementado notoriamente. El Tomate de árbol constituye uno de los frutales viables para la exportación y una tentadora alternativa comercial para la producción agrícola de la región andina colombiana. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2016) en Nariño se reporta un área sembrada para 2016 de 257,30ha, con una producción de 1800ton. A pesar de su potencialidad, el cultivo se desarrolla con bajos niveles tecnológicos basados en costumbres y experiencias propias de los productores. En Nariño, los cultivos se concentran en los valles interandinos del departamento, donde representan una de las principales actividades agrícolas y es una alternativa viable a la siembra de cultivos ilícitos. Este cultivo es considerado como un frutal exótico, promisorio para varias regiones agrícolas del País, con un gran potencial para desarrollar la fruticultura de clima frío moderada de la región andina nariñense. La baja productividad observada en el departamento es motivada por los mismos problemas a nivel nacional, pero en un mayor grado, ya que los niveles tecnológicos están por debajo de los nacionales.

La alta incidencia de la virosis del tomate de árbol en el departamento de Nariño produce grandes pérdidas en el rendimiento, que según los agricultores son del orden del 70 al 80%. Además, cuando el problema es grave, las únicas alternativas son la erradicación y la renovación de la plantación luego de 16–18 meses de producción, cuando anteriormente la vida útil se extendía hasta por 48 meses (Jaramillo *et al.*, 2011). Esta problemática es muy importante ya que este tipo de patologías no pueden ser tratadas directamente debido a su naturaleza y al desconocimiento de los agentes causales, lo que impide el desarrollo de un cultivo sano. En este sentido, a pesar la variabilidad genética del germoplasma de tomate de árbol existente en Colombia, no se han reportado fuentes de tolerancia a virosis, siendo el uso de variedades tolerantes y el empleo de material vegetal libre de virus la alternativa de mayor importancia para el manejo de la enfermedad. Esta situación, unida a los problemas de adaptabilidad climática durante el proceso productivo, permiten proponer un plan de investigación a nivel de mejoramiento genético de variedades, orientado a la búsqueda de genotipos tolerantes a este limitante problema sanitario, a la mayor productividad de los cultivos y a la calidad de los frutos de tomate de árbol de Nariño y Colombia, con miras a colocarlas en los mercados internacionales.

Por lo tanto, se resalta la necesidad de identificar las diferentes especies de virus asociadas a esta patología y su distribución geográfica en la zona andina de Nariño, para que mediante la evaluación de variedades utilizadas actualmente, se generen a través de procesos de mutagénesis, se identifiquen posibles fuentes de resistencia a la enfermedad y,

que además posean características asociadas a una mejor calidad de fruto, de modo que se contribuya al incremento de la competitividad de la cadena hortofrutícola del departamento. Además, alternativas como la mutagénesis artificial orientada a la ampliación de la variabilidad genética de cultivares comerciales para la búsqueda de tolerancia a este limitante sanitario, es una estrategia de mejoramiento genética que aún no se han reportado a nivel de Colombia. Contribuir a resolver el problema de la Virosis en el cultivo del tomate de árbol en Nariño, también permitirá aportar a resolver el problema de baja competitividad que tiene el cultivo del tomate de árbol en el departamento.

1.4 ARBOL DE PROBLEMAS



2. ANTECEDENTES

El cultivo del tomate de árbol para el período 1992-2003 se extendía en cerca de 7.646 ha distribuidas en 18 departamentos del país (Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006). Virus y otras enfermedades han ocasionado una reducción en cultivares de tomate a lo largo de todo el territorio colombiano. Los problemas del cultivo por virus se han extendido y agravado, tal como se muestran en los reportes de Nariño (Betancourth, Goyes, & Bravo, 2003; Rodriguez, 2010), Cundinamarca (Alvarez J. , 2010; Cuspoca, 2007) y en Antioquia (Ayala, 2009; Jaramillo, 2009); en estas regiones la incidencia ha tenido gran impacto, ocasionando disminución en la cantidad y calidad de la fruta.

El efecto detrimental que causan las enfermedades virales en los cultivos de tomate de árbol del país hacen de su estudio una prioridad, siendo especialmente necesario profundizar en el conocimiento de los mecanismos de transmisión de estos virus y en el diseño de herramientas de detección molecular, componentes que se constituyen en la base para el diseño de futuras estrategias de manejo que conduzcan a la viabilidad económica del cultivo en la región Andina de Colombia (Jaramillo, Alvarez, & Montoya, 2012).

El cultivo de tomate de árbol ha sido considerado promisorio como fruta de exportación por su sabor, propiedades nutritivas, y atractivo para el procesamiento industrial. Según estadísticas nacionales en el año de 2004 la producción alcanzó 118.226 ton, 4,1% de la producción de frutas frescas del país. Para el año 2012 la extensión del cultivo era de 7.646 has distribuidas en 18 departamentos, de los cuales Antioquia, Cundinamarca, Tolima, Boyacá, Huila, Santander, Cesar, Valle y Nariño ocupaban el 90% del área cosechada total. En el periodo comprendido entre los años 1992-2003 el área cultivada presentaba un aumento de 6,1% anual en el país (Gobernación de Cundinamarca, 2006); luego se presentón una disminución del área cultivada en los principales departamentos productores. En Antioquia, por ejemplo, para el año 2007 el área cultivada de tomate de árbol se redujo en 1.533 has como resultado de pérdidas directas (1.260 has) o de la erradicación de los cultivos por parte de los agricultores (273 has) (Gobernación de Antioquia, 2008). En Cundinamarca del año 2000 al 2005 se presentó una reducción del 55% de área cultivada con rendimientos de 15,5 ton/ha (Gobernación de Cundinamarca, 2006; Gobernación de Cundinamarca, 2002).

A nivel mundial existen reportes de virus en el cultivo de tomate de árbol en Nueva Zelanda y Ecuador. En Nueva Zelanda fueron reportados los siguientes virus: *Tamarillo mosaic virus* (TamMV, *Potyvirus*), que causa moteado y bandeamiento de venas en hojas, y manchas oscuras en los frutos; CMV (*Cucumovirus*) ocasiona síntomas en hojas y frutos en forma de manchas y anillos; *Potato aucuba mosaic virus* (PAMV, *Potexvirus*) aparentemente es dependiente del TamMV para la transmisión por áfidos, pero no causa síntomas adicionales; (AMV (*Alfamovirus*) causa un mosaico amarillo brillante y bandedo de venas, pero al parecer no afecta el fruto; Tomato spotted wilt virus (TSWV, *Tospovirus*), es un virus transmitido por trips y asociado a la necrosis del fruto; ToMV (*Tobamovirus*)

causa mosaico, algunas veces con distorsión de las hojas jóvenes (Eagles, Gardner, & Foster, 1994; Fletcher, 1987).

Los problemas virales del cultivo de tomate en Ecuador también han causado pérdidas de hasta el 50%, detectándose virus como: AMV, CMV, TamMV, ToMV, TSWV y *Tomato ringspot virus* (ToRSV, *Nepovirus*). También se han encontrado AMV, PLRV (*Polerovirus*), ToRSV y *Potato virus Y* (PVY, *Potyvirus*) y TMV. Además se ha reportado la presencia de un posible nuevo virus del género *Potyvirus* con una sintomatología de ampollamientos, mosaicos, deformación de hojas, aclaramiento de venas¹⁷, ondulamiento de hojas (Ochoa & Insuasti, 2005); estos síntomas coinciden con lo reportado en Colombia por Ayala (2009) en plantas que presentaban la infección de una nueva especie potyviral denominada TaLMV.

De acuerdo con Jaramillo, Alvarez, & Montoya (2012), en Colombia se han reportado problemas de virus en siete regiones; en el departamento de Boyacá se presentó necrosis anular del tomate de árbol, el agente causal de la enfermedad se caracteriza por presentar partículas alargadas y flexuosas de aproximadamente 750 nm de largo, con transmisión mecánica a partir de inóculo de frutos enfermos, pero no a partir de hojas afectadas ni del áfido *Myzus persicae*; se cree que este virus hace parte del género *Potyvirus*. El segundo problema de virus fue reportado por Sañudo & Orellana (1989), quienes registraron la presencias de síntomas virales en plantas de tomate de árbol en el Valle de Sibundoy en Putumayo; la enfermedad se caracteriza por inducir el amarillamiento general de la planta y causar clareamiento de las venas, vejigas y ampollas, enrollamiento foliar y reducción del área fotosintética; sin embargo, la identidad del agente causal no fue determinada. El tercer problema relacionado con virus ocurrió en Antioquia; según Tamayo (1990), hubo la ocurrencia de partículas isométricas de aproximadamente 30 nm de diámetro, y para cuya detección se desarrolló un anticuerpo policlonal denominado Col7 (Tamayo, Zapata, & Salazar, 1999).

Un cuarto problema sobre virus en tomate de árbol, se detectó en 1991 en el municipio de Santa Rosa de Osos y en 1992 en el Oriente Antioqueño; en este caso la enfermedad se hizo presente en hojas y frutos, caracterizándose por la presencia de mosaicos, engrosamiento de nervaduras, ampollas y formación de rosetas; en los frutos verdes se presentaron manchas moradas que cambian a diferentes tonalidades rojizas con la maduración; además de la aparición de frutos deformes y daños en la calidad de la pulpa (Bernal & Tamayo, 2003; Saldarriaga & Bernal, 1994; Saldarriaga, Bernal, & Tamayo, 1997). Aparentemente, el virus no se transmite por semilla pero sí mecánicamente y presenta partículas alargadas y flexuosas de aproximadamente 750 nm de largo (Tamayo, 1996; Saldarriaga & Bernal, 1994). En otros estudios, en siete regiones productoras de tomate de árbol en Antioquia se pudieron identificar los siguientes virus: AMV, CMV, PLRV, ToRSV y de los *Potyvirus* PVY y TaMLV, siendo CMV y PLRV los de mayor incidencia con niveles promedio de 76%, 57 y 41%, respectivamente (Cuspoca, 2007; Jaramillo, 2009).

Un quinto problema asociado con virus en el cultivo de tomate de árbol ha sido reportado en el Valle del Cauca, cuyos síntomas se manifiestan con la presencia de mosaicos leves en hojas jóvenes, presencia de vejigas, deformación y enrollamiento de la lámina foliar. Con el avance de la enfermedad, las hojas se presentan más pequeñas y arrugadas, y tienden a caerse prematuramente. En la etapa final se presenta defoliación y las ramas se secan de manera descendente. Sus posibles agentes causales fueron detectados mediante microscopía electrónica, encontrando partículas isométricas y flexuosas que se transmiten mecánicamente por áfidos (Chavez & Varón, 2001). Betancourth, Goyes, & Bravo (2003), registraron la ocurrencia de una enfermedad viral en el departamento de Nariño caracterizada por inducir manchas aceitosas, clorosis, mosaicos, distorciones en color, tamaño y forma de las hojas y frutos. Su agente causal se determinó como una posible especie del género *Potyvirus*, ya que presentaba morfología de varilla flexuosa, de 800 nm y su transmisión fue confirmada mediante áfidos de la especie *M. persicae* e inoculación mecánica. Adicionalmente, existen reportes preliminares basados en pruebas de detección por RT-PCR y extracción de ARN de la presencia de un posible cucumovirus y de un polerovirus en cultivos de tomate de árbol en Cundinamarca asociados a síntomas de malformación en hojas, clorosis, baja talla, volcamiento y llagas (Cruz, 2005).

Los problemas por virus en el cultivo de tomate de árbol se han reportado en cinco departamentos productores de Colombia (Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Putumayo), que han conducido a proponer la utilización en forma general del nombre de “Virosis del Tomate de Arbol”, señalando síntomas como la presencia de mosaicos, ampollamientos, deformaciones foliares y cambios en la apariencia de flores y frutos. Otros síntomas específicos como bandeamiento de venas, grabados no geométricos en hojas y frutos, amarillamiento de venas, manchas aceitosas, anillos necróticos y bronceamiento del tejido foliar. Sin embargo, la etiología de cada uno de estos síntomas no se ha identificado plenamente, por lo que se requiere el establecimiento de experimentos que permitan la separación de las mezclas de virus (Jaramillo, Alvarez, & Montoya, 2012).

Saldarriaga et al. (1998) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), con el apoyo del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, desarrollaron un estudio donde se evaluó la transmisión de enfermedades virales en Tomate de árbol, con el cual diseñaron una campaña sanitaria, donde participaron los centros mencionados anteriormente, la Universidad Nacional, la Asociación de Productores de Tomate de árbol de Santa Rosa de Osos (APTA), la Secretaría de Agricultura de Antioquia, líderes de ésta región y agricultores independientes. Según sus resultados, las plantas de Tomate, inoculadas mecánicamente mediante la ayuda de un producto abrasivo (Carborundun de 600 mesh), mostraron síntomas cinco días después de la inoculación, Los Síntomas iniciaron con aclaramiento de nervaduras, clorosis suave, mosaicos, posteriormente moteado y por último rosetas, ampollas y deformación foliar y en algunos casos defoliación y muerte de la planta. En este trabajo, se observó que la transmisión mecánica estaba alrededor del 84%; La inoculación con tijeras, mostró un 76% de plantas afectadas, aunque los síntomas tardaron más en aparecer (12 días). Por último, evaluaron la transmisión por semilla sexual, donde observaron que el 100% de las plantas obtenidas a partir de frutos de

plantas que expresaban síntomas, resultaron positivas a pruebas serológicas para uno de dos virus encontrados y observados por microscopía electrónica y, purificados para la fabricación del antisuero. Mediante este trabajo, hicieron una aproximación a la identificación del agente causal, desarrollaron un paquete tecnológico para el manejo de enfermedades virales, desarrollaron una campaña sanitaria con las instituciones y la comunidad productora y, realizaron una capacitación a aproximadamente 900 personas entre los que se encontraban, agricultores, técnicos y estudiantes del sector agrícola.

Saldarriaga et al. (1997), aseguran que la virosis del tomate de árbol, es considerada como la enfermedad de mayor relevancia económica del cultivo en Antioquia, que desde 1991, ha afectado severamente los cultivos en diferentes zonas del país. Los mismos autores, recomiendan un manejo cultural basado en el control del virus, evitando la llegada de las enfermedades virales a los cultivos, no sembrando plántulas provenientes de semilla o estacas de plantas sospechosas o con síntomas de virosis, desinfectar herramientas de trabajo cuando se cambie de planta en las labores, lavarse las manos con agua jabonosa y eliminar los árboles que presenten síntomas de la enfermedad.

3. JUSTIFICACION

En Colombia hay seis departamentos que lideran el mercado del tomate de árbol : El primero es Antioquia con una producción del 48.63%; el segundo es Cundinamarca con un 25.6% de la producción; el tercero es Tolima con un 7.2%, el cuarto Boyacá con un 4.28%; el quinto Huila con un 2.89% y Nariño con un 1.79% de la producción Nacional (Agronet, 2017), los cuales abastecen una demanda de gran importancia en la canasta familiar de los colombianos, debido a su alto consumo gracias su valor nutricional y medicinal.

Entre las exportaciones de frutas diferentes del banano y el plátano, el tomate de árbol ocupa el tercer lugar en exportaciones de frutícolas después de la uchuva y la granadilla. En el año 2012 Colombia exportó 1.036 toneladas de las cuales 300 toneladas se destinaron al Ecuador. Teniendo en cuenta que Ecuador inició cultivos en tomate de árbol y como consecuencia de esta actividad se ha visto disminuida la demanda de la fruta colombiana, no se debe descartar la posibilidad de participación en mercados internacionales a través de Ecuador, ya que está participando fuertemente exportaciones a nivel mundial.

A pesar del potencial mencionado anteriormente, existen factores que limitan la producción del tomate de árbol, entre las que se encuentran enfermedades de tipo viral que han causado disminución de área cosechada, producción y rendimiento, debido a la erradicación de cultivos afectados en áreas que por tradición eran productoras. Los problemas virales se han venido incrementado, así como su severidad y la incidencia en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y Nariño. Como consecuencia de esto, el periodo productivo y disminución en cantidad y calidad de fruta disponible para el mercado se ha visto afectada.

Actualmente en Nariño, cultivos afectados por el virus en el primer año se eliminan aproximadamente 50 plantas por afectación. Si tenemos en cuenta que el costo por sitio es

de \$20.551,36, el productor perdería \$1.027.568,18 pesos. Esto sin sumar el incremento que el productor tiene que contemplar para la eliminación y el replanteo para un total de \$ 2.055.136,36 pesos, los cuales el primer año no se recuperan, ya que la producción solo empieza a obtenerse en el segundo año. Este porcentaje de pérdidas económicas en establecimiento, llegaría a un 9.01%. En el primer semestre del segundo año, se eliminan alrededor de 100 plantas adicionales, equivalente a un valor aproximado de \$3.653.500, igualmente, sin tener en cuenta los costos de replanteo, si este se llevara a cabo. Hasta el momento, las pérdidas ascenderían a un 15% aproximadamente. A partir del segundo semestre del segundo año, el virus ataca la mayoría de plantas, reduciendo la calidad y el rendimiento de la cosecha en un 60%, lo que se ve reflejado directamente en las ganancias y la dificultad de vender el producto en los mercados locales y especializados.

Por lo tanto, es fundamental estudiar la enfermedad y ahondar en el conocimiento de la variabilidad genética del virus, mecanismos de transmisión e identificación molecular con el objetivo de diseñar y aplicar estrategias de manejo preventivo, que sean conducidas a mejorar la calidad de vida de los productores.

Por otro lado, las poblaciones del cultivo de tomate de árbol exhiben un alto grado de vulnerabilidad a problemas sanitarios debido a la co-evolución natural de las poblaciones de patógenos, bajo nivel de selección a que ha sido sometida la especie y a las semillas que siembran los agricultores de origen desconocido. Además, en el departamento de Nariño no se han evaluado genotipos de Tomate de árbol ante la infección de virus prevalentes en la zona Alto Andina del departamento de Nariño. Siendo el problema más limitante para el departamento, ya que los productores no cuentan con genotipos mejorados o seleccionados por su capacidad de tolerar o resistir este tipo de enfermedad. Se espera que, con la oferta de genotipos mejorados sea posible disminuir la vulnerabilidad de los cultivos de esta especie a factores bióticos y abióticos y mejorar la calidad de vida del productor.

En este proyecto se plantea evaluar la reacción del virus en algunos genotipos de *Solanum betaceum* con el objetivo de buscar fuentes de tolerancia, ya que el mejor método de manejo de enfermedades virales es haciendo uso de la variabilidad genética existente e inducida para obtener variedades resistentes o tolerantes. De esta manera, se podrá incrementar el área cultivada, aumentar la producción, disminuir costos de producción y disminuir los riesgos de contaminación ambiental.

Por otra parte, así como se muestra en el capítulo 15 de este documento, el desarrollo de este proyecto tiene una amplia articulación con el alcance de las políticas públicas planteadas en los planes de desarrollo Nacional, Departamental y municipales, además de que constituye una pieza clave para mejorar la productividad, competitividad y reducción de costos de producción de los eslabones de la cadena productiva del tomate de árbol, tal como se ha planteado en el plan y acuerdo estratégico departamental en ciencia, tecnología e innovación de Nariño, así como en la guía sectorial de proyectos de CTeI, donde se han identificado necesidades claves para el país y el departamento en materia de ciencia, tecnología e innovación prioritarias con una proyección al 2025.

3.1. CONTRIBUCION DEL PROYECTO “INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE LA INFECCIÓN DE VIRUS PREVALENTES EN GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL EN LA ZONA ALTA ANDINA” A LA POLITICA PÚBLICA

3.1.1. Contribución al Plan Nacional de Desarrollo

Nota aclaratoria: teniendo en cuenta la observación de la mesa de asistencia técnica, donde recomiendan “incluir la articulación con el nuevo plan de desarrollo”, se incluye la relación con el plan de desarrollo “**Pacto por Colombia pacto por la equidad**” 2019-2022, no obstante, se conserva la relación con el plan de desarrollo “**Todos por un nuevo País**” debido a que en la MGA, aún no se habilita la contribución a la política pública al nuevo plan de desarrollo.

Plan: (2014-2018) **Todos por un nuevo País**

Pilar: V. Competitividad e infraestructura estratégica

Objetivo: Contribuir al desarrollo productivo y la solución de los desafíos sociales del país a través de la ciencia, tecnología e innovación

En aras de aumentar la productividad y alcanzar así mayores niveles de crecimiento, se debe trabajar en mejorar aquellos factores que determinan la productividad, por ejemplo, a través de mayores inversiones para aumentar la cantidad y la calidad del capital físico y humano, incluyendo acciones en comunicaciones, en ciencia tecnología e innovación y aspectos institucionales orientados a mejorar la competitividad empresarial, entre muchos otros. Por todo lo anterior, se plantean diferentes acciones tendientes al incremento de la productividad en la economía. De esta manera, se ha diseñado una estrategia (conjunto de acciones) que promueva la productividad de la economía a través de la competitividad empresarial y ayude a corregir los grandes atrasos que presenta el país en su acervo de capital. Con esta estrategia se pretende: 1) Incrementar la productividad de las empresas colombianas a partir de la sofisticación y diversificación del aparato productivo; 2) Contribuir al desarrollo productivo y la solución de desafíos sociales del país a través de la ciencia, tecnología e innovación.

Estos objetivos lograrán al incrementar la competitividad del país, entendida no solo como un concepto asociado con el comercio de bienes y servicios, sino también con avances sociales y económicos. Por esto, la competitividad se convierte en eje fundamental para la construcción de una Colombia más equitativa, en paz y mejor educada. Igualmente un país más competitivo es aquel que reduce sus costos de transacción, elimina barreras de acceso a los mercados, acerca al ciudadano a los servicios del Estado y mejora la conectividad, facilitando el intercambio de información, bienes y servicios que conducen a la movilidad y prosperidad social

El incremento de la productividad fortalece la capacidad de innovación de las empresas. En la medida en que las empresas puedan desarrollar e implementar nuevos procesos productivos, podrán reducir costos, aumentar su producción, desarrollar nuevos productos y acceder a nuevos mercados. En esta tarea, la generación y transferencia de nuevas

tecnologías se convierte en un requisito para ampliar la frontera de producción, y responder a las necesidades de un consumidor global.

En Colombia existe un bajo nivel de inversión privada en tecnología e innovación empresarial, que son factores críticos para la productividad. Así mismo, se debe señalar la debilidad en materia de articulación del Sistema Nacional de Competitividad y del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación que ha impedido una adecuada articulación de los instrumentos dirigidos a incrementar la productividad y eficiencia empresarial del país.

A pesar del diagnóstico pobre en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación, en los últimos años el Gobierno nacional ha realizado esfuerzos institucionales y normativos importantes para darle mayor importancia al desarrollo de la CTI. Mediante la Ley 1286 de 2009, se fortaleció el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) y con la expedición del Acto Legislativo 5 de 2011, se facilitó su acceso a recursos a través de la creación del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías, que destina el 10% de las regalías nacionales para la CTI. Este Fondo es una de las herramientas más importantes con las que cuenta el país para generar soluciones a retos económicos y sociales en cada uno de los departamentos. Entre 2012 y 2014 el Fondo se ha convertido en un hito en la financiación de las capacidades regionales, financiando \$ 1,8 billones y apalancando recursos por \$ 0,5 billones en contrapartidas, para un total de \$ 2,3 billones en proyectos de CTI.

Estos propósitos encaminarán a Colombia a convertirse en uno de los tres países más innovadores de América Latina en 2025. Para lograrlo, el país disminuirá el rezago que existe en materia de CTI, focalizando la formación de talento humano, infraestructura, financiación y cultura de CTI para que se logren avances cualitativos en la calidad y el impacto de la investigación. El Gobierno Nacional velará para que el desarrollo tecnológico y la innovación respondan a las necesidades actuales y futuras del aparato productivo del país y a las problemáticas sociales. Asimismo, el sector privado aumentará su participación en actividades de CTI, financiando el 50 % de la investigación y el desarrollo que se adelante en el país. Estas estrategias permitirán que en 2025 Colombia esté en capacidad de crear aglomeraciones de ciencia, tecnología e innovación, ciudades con vocación hacia la generación de conocimiento, y empresas y tecnologías estratégicas para la competitividad del país en el largo plazo.

Plan: (2018-202) Pacto por Colombia pacto por la equidad

Pacto transversal: V. Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación: un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro - “La sociedad y la economía del futuro estará fundamentada en el conocimiento”

“Vamos a hacer todo lo posible, todo lo necesario, para que dupliquemos el aporte de la ciencia y la tecnología al Producto Interno Bruto colombiano.”

Presidente Iván Duque, 2018.

Teniendo en cuenta que éste proyecto se enfoca en una problemática regional frente a la posición económica de un cultivo de importancia para la región y para el país y, que para resolver ésta problemática se han planteado diferentes objetivos basados en la investigación y búsqueda de conocimiento que puedan dar solución científica, económica y social a la difícil situación que se ve sometido el cultivo del tomate de árbol. En este sentido, la contribución del proyecto desde una aproximación investigativa, tecnológica y de innovación, se enmarca dentro del Plan nacional de Desarrollo 2018-2022, como una alternativa para resolver dificultades regionales que contribuyen a el cumplimiento de metas e indicadores nacionales, gracias al desarrollo tecnológico, contribución al establecimiento de infraestructura para la investigación, a la inserción de talento humano que a su vez promueve y replica las actividades investigativas y divulgativas y a la creación de redes de investigación entre la Universidad, la Empresa y las Entidades Territoriales.

La sociedad y la economía del futuro estarán fundamentadas en el conocimiento. Por eso Colombia debe invertir más en ciencia, tecnología e innovación (CTeI) al tiempo que mejora la eficiencia de esta inversión. Además, el país debe enfocar sus esfuerzos en CTeI en solucionar problemas que requieren diseños aplicados de CTeI, fortalecer los programas de investigación de alto nivel y formar los investigadores y las competencias necesarias para la nueva economía del conocimiento.

Con ese propósito, se fortalecerán los sistemas nacionales y regionales de innovación, robusteciendo la institucionalidad, generando mayor articulación entre distintas instancias y dando mayor claridad en los roles y funciones de las diferentes entidades. Además, se fortalecerá la relación entre universidad y empresa para que la innovación resuelva de manera más efectiva los retos sociales y económicos del país.

El gasto nacional y territorial en CTeI se coordinará para adaptarse a los retos y al aprovechamiento de las capacidades productivas de las regiones. Se reducirán las brechas en capacidades regionales de investigación con trabajo en redes; se promoverá la mayor interacción entre gobiernos, firmas, universidades y centros de investigación.

Colombia producirá más investigación científica de calidad e impacto con la consolidación de capital humano de nivel doctoral y de programas doctorales nacionales, un ambiente adecuado para el desarrollo científico (laboratorios, equipos especializados, infraestructura TIC) y una ciudadanía cercana a la CTeI, que la valore y la apropie. La innovación no solo provendrá de la academia y del sector privado. El Gobierno nacional liderará una política de innovación pública basada en la experimentación adaptativa, abierta y basada en evidencias. Adoptará modelos de gestión, de tecnologías, y de inclusión de los ciudadanos en la solución de problemas públicos, con programas de compras pública en plataformas modernas, optimización de procesos y creación de un ecosistema de innovación pública con medición de logros.

A. Desarrollo de sistemas nacionales y regionales de innovación integrados y eficaces

La CTeI está en la base de la productividad, el crecimiento, la sostenibilidad, el bienestar y la convivencia. El Gobierno nacional debe fortalecer la institucionalidad de CTeI para movilizar el talento, impulsar empresas de base tecnológica y promover la equidad en la sociedad, especialmente entre regiones.

A pesar de que durante los últimos años el Gobierno nacional apoyó la integración del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI), el ambiente para la innovación en el país se

debilitó al compararlo internacionalmente, lo que refuerza la necesidad de continuar con la labor de fortalecimiento del SNCI. Entre 2013 y 2018, el país ha superado cada vez menos países evaluados en el Global Innovation Index en la disposición de un entorno propicio para la innovación (INSEAD et al., 2018). Es necesario modernizar la arquitectura institucional, el marco regulatorio, los incentivos y las relaciones entre actores para el fomento de la CTeI como estrategia para garantizar la competitividad del país en el mediano y largo plazo.

Objetivos y estrategias

a. Modernización y coordinación institucional

1) Consolidar un arreglo institucional para el fomento de la CTeI

El Comité Técnico de CTeI, en coordinación con el Comité de Desarrollo Productivo y el Comité de Regionalización del SNCI, promoverán la conciliación e integración de las agendas nacionales y regionales en materia de competitividad y CTeI. Esto podrá incluir las siguientes acciones:

- Promover la conciliación de los planes departamentales de CTeI; los planes y acuerdos estratégicos departamentales de CTeI (PAED); las agendas integradas departamentales de competitividad, ciencia, tecnología e innovación, y los lineamientos de las instancias colegiadas a escalas nacional y territorial (por ejemplo, comités universidad, empresa, Estado). Los resultados de aplicar la metodología deben ser consistentes con la implementación del enfoque de sistema de ciudades y serán utilizados para focalizar los recursos públicos del orden nacional.*

2) Promover la CTeI como fundamento de la estrategia de desarrollo regional

El DNP, a partir de la experiencia del Índice departamental de innovación de Colombia (IDIC), construirá una métrica sobre el entorno para la CTeI en las ciudades. Esta métrica estará integrada dentro del Observatorio del Sistema de Ciudades.

Colciencias trabajará para que las regiones administrativas de planeación (RAP) se incorporen al SNCI como actores estratégicos y transversales para el desarrollo socioeconómico y la competitividad, con propuestas enfocadas en la solución de problemas y el desarrollo de ventajas competitivas regionales. Esto incluirá la definición de acciones orientadas a mejorar el entorno para la ciencia, la tecnología y la innovación de los departamentos incorporando metas de gestión en cuanto al avance en los diferentes pilares de medición del IDIC.

B. Más ciencia, más futuro: compromiso para duplicar la inversión pública y privada en ciencia, tecnología e innovación.

Varios factores explican la baja inversión pública en ciencia, tecnología e innovación (CTeI) en Colombia. Primero, la baja participación de la inversión en investigación y desarrollo, y demás actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) dentro del presupuesto de inversión de algunos sectores administrativos del Gobierno nacional. Segundo, la insuficiente ejecución del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías. Por último, la debilidad de los incentivos a la inversión privada en el sector. Además, el país debe mejorar la eficiencia de la inversión en CTeI, mejorando el diseño de los instrumentos de intervención, fortaleciendo la capacidad de formulación de proyectos en las regiones y reduciendo la alta concentración de la oferta institucional en subsidios y la baja especialización de las entidades del orden nacional.

Objetivos y estrategias

a. Objetivo 1: Aumentar la inversión para CTeI

1) Aumentar la inversión pública en CTeI nacional y regional

Para alcanzar la meta de 1,5% del PIB en el 2022 de inversión en ACTI se propone gestionar la senda de inversión en ACTI. El MinHacienda, el DNP y Colciencias crearán fondos sectoriales para la investigación cuando no aplique el principio de anualidad y no afecte el techo presupuestal de Colciencias en cada vigencia. El MinAgricultura, con las agremiaciones del sector que cuenten con fondos parafiscales, de manera concertada, establecerán un plan de acción para incrementar la inversión en ACTI agropecuario. Así mismo, Colciencias ampliará el ámbito de aplicación del Fondo de Investigación en Salud (FIS) y modificará la normatividad que lo rige para que las actividades financiables correspondan tanto a investigación como a desarrollo tecnológico e innovación. Adicionalmente, MinAgricultura y sus entidades adscritas destinarán los recursos de proyectos de inversión que no se ejecuten, para temas exclusivamente de ACTI agropecuario, por medio del Fondo Francisco José de Caldas.

b. Objetivo 2: Incrementar la eficiencia de la inversión pública en CTeI

1) Optimizar la inversión en CTeI, por medio del fortalecimiento de capacidades de estructuración, ejecución, seguimiento y evaluación de programas y proyectos de CTeI.

El DNP y Colciencias continuarán con el fomento de la estrategia de estandarización de proyectos en CTeI, con el fin de mejorar la calidad y eficiencia de la inversión pública. En particular, se incrementará el portafolio de proyectos tipo de CTeI garantizando su uso en el marco de las convocatorias públicas abiertas y competitivas del FCTeI e incorporando proyectos prioritarios para el desarrollo territorial y: (1) fortalecimiento del sistema departamental de CTeI; (2) inserción de doctores en las entidades del SNCI; (3) propuesta de ideas para el cambio; (4) con Colombia BIO; y (5) por medio del fortalecimiento de actores reconocidos por Colciencias y la infraestructura para la CTeI.

3.1.2. Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial

Plan de desarrollo Departamental o Sectorial: Plan participativo de desarrollo Departamental (1016 – 2020) “Nariño corazón del mundo”:

Eje: IV Desarrollo Integral

Código y Descripción del Programa: Programa 1. Producción, transformación y comercialización en el sector agropecuario, agroindustrial, forestal, acuícola y pesquero.

Subprograma: Ciencia, Tecnología, Investigación e Innovación Social (CTII) en el sector agropecuario y agroindustrial.

Sin lugar a dudas la Ciencia, la Tecnología, la Investigación e Innovación Social (CTII) en el sector agropecuario y agroindustrial se han convertido en la pieza clave para mejorar la productividad, la competitividad y la reducción de los costos de producción en los diferentes eslabones. En tal sentido, se busca desarrollar la agenda en el sector y promover una articulación institucional del orden regional, nacional, internacional y con la academia para la implementación de proyectos de CTII adaptados a las necesidades de las cadenas productivas, sistemas productivos y especies promisorias. Al mismo tiempo, y en concordancia con las funciones de la Secretaría de las TIC, se fortalecerá e implementará una plataforma de información agropecuaria del departamento de Nariño orientada a aumentar la confianza y competitividad del mercado regional.

Pensar el territorio rural como un espacio en el que converjan la igualdad de oportunidades para la población, junto con el crecimiento y la competitividad de las actividades económicas rurales, es un imperativo para estimular el desarrollo de modelos económicos alternativos, en donde los habitantes del campo puedan vivir dignamente, potencien sus oportunidades económicas y logren movilidad social. En última instancia, el desarrollo rural se posiciona como un factor estratégico para la construcción de una Paz Territorial estable y duradera, orientada al cierre de brechas territoriales y poblacionales que permita que los pequeños productores y los trabajadores del campo accedan a recursos productivos, se integren a lo largo de toda la cadena de producción y comercialización y perciban ingresos significativos.

En este contexto, desde la administración departamental se desarrollarán iniciativas productivas con Enfoque Diferencial y Paz Territorial para lo cual se apostará por el establecimiento de unos lineamientos básicos de Ordenamiento Territorial, con contenidos específicos subregionalizados que permitan orientar la localización espacial de proyectos de impacto socioeconómico y sociocultural, con un plan productivo de transformación y comercialización, que tengan en cuenta la vocación productiva del territorio para así lograr la planificación en el uso potencial del suelo de manera sostenible, con el aprovechamiento adecuado del agua y teniendo en cuenta la fragilidad de los ecosistemas, la conservación de los recursos naturales y su diversidad étnica y cultural. Adicionalmente se busca, a) Estimular el desarrollo productivo, agroindustrial y comercial con la potencialización de las capacidades productivas y agroindustriales de los productores rurales para así fortalecer el emprendimiento, la comercialización y la generación de mayores ingresos, b) Promocionar la seguridad alimentaria y la agricultura familiar asociada al fortalecimiento de las cadenas productivas, sistemas productivos y especies promisorias, c) Gestionar bienes públicos agropecuarios en especial los relacionados con la prestación del servicio de asistencia técnica directa rural, el financiamiento, la adecuación y acceso de tierras, la asociatividad y la organización de pequeños y medianos productores con la implementación de centros de acopio, de abastecimiento de alimentos, salas de evisceración, plantas de proceso, centros de intercambio comercial, maquinaria agrícola y de transformación, que apoyen además el desarrollo del plan de racionalización de las plantas de beneficio animal, para el desarrollo productivo y agroindustrial del departamento de Nariño.

En este sentido se trabajará por promover la articulación de acciones con las diferentes instituciones del sector agropecuario y agroindustrial para implementar proyectos de

ciencia, tecnología, investigación e innovación social, adaptados a las necesidades de las cadenas productivas, sistemas productivos y especies promisorias.

En el plan y acuerdo estratégico Departamental en Ciencia, Tecnología e Innovación (PAED), para el Departamento de Nariño, construido durante los días 3 y 4 de noviembre de 2016 con diferentes actores de que hacen parte del Sistema CTeI del Departamento de Nariño y liderado por la Gobernación de Nariño y el Gobierno Nacional, se consolidaron seis focos estratégicos que se enmarcan dentro de la Visión Departamental: I) Salud, II) Medio Ambiente, III) Energías alternativas, IV) Agropecuario – Agroindustrial, V) Desarrollo humano y Social, VI) Biodiversidad. Así mismo, se definieron las líneas programáticas y sus objetivos dentro de las apuestas del País. En este sentido, el proyecto se enmarca dentro de la Apuesta País 1: *“Producción Científica Ambiciosa, Con efoque de Gerencia y Disciplina”*; Línea Programática 2: *“Incremento de la producción científica y la Investigación en los focos priorizados en CTeI, para impulsar el desarrollo del departamento”*; cuyo objetivo es *“Fortalecer la investigación básica y aplicada y/o desarrollo experimental que promueva la investigación científica y tecnológica de alto impacto en los focos de CTeI priorizados en el Departamento de Nariño”*.

3.1.3. Articulación con PECTIA:

Teniendo en cuenta la problemática y fortalezas del sector agropecuario en el Plan Estratégico de Ciencia Tecnología e Innovación para el sector Agropecuario Colombiano, PECTIA (2017-2027), una de las áreas de conocimiento identificadas para investigación y desarrollo (I+D) asociadas al sector agropecuario es la biotecnología y Biodiversidad. En este sentido y así como se cita en el PECTIA: “El término biodiversidad agrícola comprende toda diversidad biológica que contribuya a la producción de alimentos y a la seguridad alimentaria. En los ecosistemas agrícolas (agroecosistemas), es en especial importante el mantenimiento de la diversidad biológica tanto para la producción de alimentos como para la conservación de las bases ecológicas que aseguran la vida y el sustento de las poblaciones rurales (FAO 2008). Su alcance en el sector agropecuario comprende técnicas y procesos que buscan mitigar la degradación de los suelos, el ambiente y los hábitats de vida silvestre, la contaminación de las fuentes hídricas y el desplazamiento de la población rural. Sin embargo, se requiere integración de herramientas biotecnológicas, conocimiento de especies nativas, caracterización de bancos de germoplasma, ecosistemas sostenibles, productos diferenciados, bioseguridad, establecimiento de huellas de carbono y huellas ecológicas, bioprospección y estudio de especies de interés comercial, para diseñar e implementar medidas que eviten riesgos a la biodiversidad.

Por su parte, se entiende por biotecnología la producción de conocimientos, bienes o servicios, mediante el empleo de organismos vivos, parte de ellos o sus productos (OCDE 2005), así como “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos” (ONU 1992). Esta definición incluye las aplicaciones médicas e industriales, así como considerables instrumentos y técnicas habituales en la agricultura y la producción de alimentos (FAO 2004). Su alcance en el sector comprende la biotecnología verde o

agrícola, la cual abarca una variedad de tecnologías moleculares, como la manipulación de genes, la transferencia de genes, la tipificación del ADN y la clonación de plantas y animales, focalizada en incrementar la producción agropecuaria, obtener cultivos e inventario pecuario más eficiente, menor necesidad en el uso de agroquímicos, así como la promoción al consumidor de alimentos modificados genéticamente.

La importancia de la biotecnología en Colombia está sustentada en la biodiversidad, identificada como una de las grandes ventajas competitivas que puede y debe convertirse en desarrollo para el país, y en el aprovechamiento sostenible y adecuado de los recursos naturales.

La bioprospección representa para Colombia una alternativa de desarrollo económico, generación de empleo, conservación de la biodiversidad, formación de recurso humano altamente calificado, organización y alianza entre grupos de investigación nacional e internacionales, fortalecimiento de la plataforma tecnológica del país y de cadenas productivas asociadas a algunos sectores industriales.

El propósito del Programa Nacional de Agrobioprospección es la generación de soluciones o productos innovadores que le aporten valor agregado a las cadenas de producción agropecuaria, a partir del conocimiento y el uso sostenible de la biodiversidad. Para lograr esto, se propone un modelo basado en la integración de las regiones y los grupos de investigación, una alianza del sector productivo- investigativo-académico, el establecimiento de una red de laboratorios y centros nacionales y consolidar una plataforma de capacidades que incluye la formación de talento humano y el fortalecimiento de plantas piloto para el escalamiento de productos y el mejoramiento de las actuales capacidades nacionales en ciencias óhmicas, bioinformática y análisis químico a elevada escala.

Un antecedente que cabe mencionar es el aportado por las agendas prospectivas desarrolladas para cadenas priorizadas por el MADR, en el cual se identificaron tres áreas temáticas transversales en las que la bioprospección puede desempeñar un papel importante en la generación de valor agregado para la innovación. Estas áreas temáticas transversales fueron las siguientes: 1. respuesta a factores bióticos y abióticos (Como los problemas fitosanitarios y ambientales que se abordan en los diferentes objetivos de éste proyecto), 2. Reemplazo de productos químicos y 3. Calidad nutricional y funcional. Otras entidades y actores identificaron otras áreas importantes en bioprospección, como industria agraria, cosmética, farmacéutica y biocombustibles”.

Según las temáticas priorizadas, las cuales claramente se abordan en el proyecto, la pertinencia de este trabajo de investigación está soportado en la necesidad que se presenta en los cultivos hortofrutícolas, de generar conocimiento para la preservación de la biodiversidad agrícola, a partir de la investigación científica para hacer frente a los obstáculos fitosanitarios a los cuales se enfrentan los cultivos de importancia. La evaluación, selección y obtención de genotipos resistentes frente a enfermedades virales, hace parte del estudio de la biodiversidad existente en esta especie. Así mismo, el estudio biológico y molecular de los diferentes aislados de los virus prevalentes en tomate de árbol, tiene un enfoque de biodiversidad mediante la aplicación de herramientas biotecnológicas que permitirán identificar productos que mejoren la producción y calidad del cultivo.

Los objetivos dentro de la temática de biodiversidad y biotecnología dentro de los cuales se articula el proyecto son: (1) promover una percepción pública positiva frente a las ventajas del desarrollo de la biotecnología, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales que promueva acciones de conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad; dentro del cual el presente proyecto contribuye mediante aproximaciones biotecnológicas a dar solución a problemas fitosanitarios puntuales. En este caso, las enfermedades virales se pretenden abordar a partir de la generación de conocimiento de infección viral y su infección con el hospedero y el ambiente. (2) agrobiodiversidad para uso agropecuario: aprovechar la biodiversidad del país para el beneficio de la agricultura, que incluye, entre otros, aumentar el conocimiento sobre dicha biodiversidad (bioprospección), se articula directamente con los objetivos del proyecto, ya que a partir de la biodiversidad existente en el cultivo del tomate de árbol, se buscarán alternativas como los genotipos tolerantes a las infecciones virales prevalentes en el Departamento de Nariño.

Así mismo, en la estructuración del PECTIA se plantearon ciertas demandas dentro del sector hortofrutícola ajustadas para Nariño, que contribuyan a mitigar las problemáticas identificadas en el sector Agropecuario, en las temáticas:

Manejo sanitario y fitosanitario: donde la demanda contempla la Identificación de patógenos presentes en los principales productos hortofrutícola, la cual abarca: 1) La evaluación de los principales problemas fitosanitarios en los cultivos hortofrutícolas; 2) Estudios epidemiológicos de los principales problemas identificados; 3) Umbrales de daño y 4) Alternativas de manejo integrado; donde las diferentes actividades planteadas en el proyecto, responden puntualmente a a dar respuesta a dichas demandas

Sistemas de información zonificación y georreferenciación: donde se demanda la identificación de territorios hortofrutícolas con las mejores condiciones agroecológicas (aptitud de uso), cuya definición ajustada es la Zonificación de territorios hortofrutícolas o Identificación de territorios hortofrutícolas con las mejores condiciones agroecológicas (aptitud de uso). En esta temática, el proyecto plantea una zonificación de la presencia de las infecciones virales más prevalentes en la zona alto andina del Departamento de Nariño, la cual permitirá inferir el efecto de las diferentes condiciones geográficas, climáticas y ambientales, en la incidencia, epidemiología y diseminación de la enfermedad.

3.1.4. Planes de Desarrollo Municipales:

- **Municipio de Ipiales:** “Ipiales capital del sur”
- **Municipio de Yacuanquer** “Yacuanquer con equidad”
- **Municipio de Providencia:** “Con la voluntad de mi pueblo, seguiremos avanzando”
- **Municipio de La Florida:** “Compromiso, trabajo y prosperidad”
- **Municipio de Sandona:** “Usted tiene la palabra”
- **Municipio de Buesaco:** “Buesaco, un compromiso de todos”

Estrategia:

- **Municipio de Ipiales:** Económica
- **Municipio de Yacuanquer:** Dimensión Económica – Sector Agropecuario y Desarrollo rural
- **Municipio de Providencia:** Dimensión Económica – Sector Agropecuario
- **Municipio de La Florida:** Eje Estratégico: Desarrollo Rural Integral para la Paz
- **Municipio de Sandona:** Dimensión de desarrollo económico y agropecuario
- **Municipio de Buesaco:** Eje económico - Sector agropecuario.

Código y Descripción del Programa:

- **Municipio de Ipiales:** 2.7.1.5. Prosperidad para Vivir Bien
- **Municipio de Yacuanquer** Sector Agrícola
- **Municipio de Providencia:** Objetivo sectorial: Económica - Sector: Agropecuario
- **Municipio de La Florida:** Objetivo sectorial: Económica - Sector: Agropecuario
- **Municipio de Sandona:** 2.3.1 Sandona productiva y artesanal
- **Municipio de Buesaco:** 5.2.2.2.1. Programa sectorial: “Buesaco con un agro competitivo y sostenible

Municipio de Ipiales: Entornos municipales favorables al crecimiento económico: Se impulsará la innovación, las nuevas tecnologías, las ciencias y en general acciones que permitan impulsar la creatividad y la aplicación del conocimiento. Sector Agricultura y desarrollo rural – Objetivo: Tranquilidad colectiva.

Municipio de Yacuanquer: Según el plan municipal Seguridad Alimentaria y Nutricional 2012-2015, Yacuanquer es netamente agropecuario y este sector se consolida como la principal fuente de empleo e ingresos

Municipio de Providencia: Elaboración de planes estratégicos para el fortalecimiento del sector agrícola del municipio y del bienestar de los productores de Providencia. Fomentar el trabajo concertado con entidades que desarrollen actividades de ciencia, tecnología e innovación en el departamento para favorecer a los pequeños productores.

Municipio de La Florida: Fortalecer las capacidades institucionales que permitan el desarrollo económico a través de la gestión, alianzas y mejoramiento de las condiciones para la competitividad, centradas en la construcción de espacios turísticos y productivos que garanticen la dinámica económica. Fomento y apoyo en las apropiaciones tecnológicas a los procesos agrícolas, pecuarios, piscícolas y procesamientos agroindustriales y empresariales, dentro del programa de Ciencia, tecnología e innovación

Municipio de Sandona: Incrementar la productividad del municipio, con mecanismos apropiados, que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de la población, para estos fines es pertinente mantener alianzas con sectores públicos y privados del orden

Departamental y Nacional, esto permite la mejor utilización de los recursos disponibles, y el uso racional y eficiente, del talento humano.

Municipio de Buesaco: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible: erradicar el hambre; asegurar el acceso a los alimentos; incrementar la productividad y capacidad agrícola e incrementar ingresos a pequeños productores; sistemas de producción sostenibles. Objetivo Programático: Incrementar la productividad del sector agropecuario, mediante programas y proyectos que promuevan la producción en armonía con el medio ambiente.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Es posible identificar genotipos tolerantes de tomate de árbol a la infección de virus prevalentes dentro de la variabilidad genética inducida por mutagénesis?

5. ESTUDIO DE NECESIDADES

5.1. Descripción de Bienes o Servicios

5.1.1. Bien o Servicio Objetivo 1: Capitulo para el plan de competitividad del sector Hortofrutícola de Nariño: Zonas geográficas potenciales para el desarrollo del cultivo como alternativas de mitigación para evitar la diseminación de virus.

Producto: Documentos de planeación

Indicador: Documentos de planeación elaborados

Los mapas de distribución geográfica del virus serán producto del estudio que se realizará en los principales municipios productores de tomate de árbol (Descritos en la tabla 1), estas nos permitirán identificar aquellas zonas vulnerables y a partir de aquí generar métodos de prevención y control.

Como resultado de la zonificación se espera contar con la información suficiente para realizar la planificación del uso de recursos rurales, separar áreas con similares potencialidades y limitaciones para el desarrollo del cultivo de tomate de árbol. Contar con documento que proporcione un apoyo más efectivo para cada zona productora. Con base en los criterios de la FAO (1994), se tendrán definidas las zonas dentro del departamento de Nariño con base a combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas.

Estos parámetros particulares podrán ser usados en la definición de los requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de tomate de árbol y en los sistemas de manejo bajo los que éstos se desarrollan. Lo anterior, teniendo en cuenta que cada zona tiene una combinación similar de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras, y sirve como punto de referencia de las recomendaciones diseñadas para mejorar la situación existente de

uso de tierras, ya sea incrementando la producción o limitando la degradación de los recursos.

Como elementos resultantes al aplicar la zonificación comprenden:

- Plasmar una visión de futuro a nivel sector en el departamento de Nariño,
- Contribuir a la estructuración de objetivos, metas e indicadores para el desarrollo del sector hortofrutícola.

5.1.2. Bien o Servicio Objetivo 2: Bases de datos de la caracterización biológica y molecular registrada en GenBank

Producto: Servicio de acceso a bibliografía especializada

Indicador: Bases de datos disponibles para consulta por actores del SNCTI

Cada vez que se finalice el proceso de investigación para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en este proyecto, todos los resultados tanto parciales como finales productos de la experimentación se plasman en una base de datos global, para dar a conocer a las comunidades académicas y científicas, con la finalidad de poder contrastar con resultados encontrados por otras comunidades científicas y estos se validen como recursos bibliográficos disponibles para dichas comunidades.

5.1.3. Bien o Servicio Objetivo 3: Artículo de investigación relacionado con la ampliación de la variabilidad genética dentro de la especie *Solanum betaceum* con agentes mutagénicos

Producto: Artículos de investigación

Indicador: Artículos publicados en revistas indexadas nacionales e internacionales

Con el objetivo de encontrar fuentes de tolerancia al virus dentro de la colección de trabajo de tomate de árbol, se inducirá algunos genotipos a agentes mutagénicos que incrementen la recombinación genética y de este modo ampliar la base genética o mejoramiento del germoplasma, que a causa de la escasa disponibilidad de material genético este tiende a emparentarse y la variabilidad al interior de la especie es baja. La estrecha variabilidad genética dentro de la especie lo vuelve más vulnerable a las condiciones de estrés biótico y abiótico y desacelera el proceso de mejoramiento genético (Berrio *et.al.*, 2016)

Al finalizar el proceso de investigación de este proyecto, se obtendrá al menos un artículo de investigación con los resultados de la variabilidad genética evaluada citogenética y molecularmente, que permitirán validar un protocolo de inducción de mutagénesis como método para ampliar la base genética de tomate de árbol.

5.1.4. Bien o Servicio Objetivo 4: Documento de mejoramiento genético en tomate de árbol: Obtención de un genotipo de *Solanum betaceum* con potencial agronómico tolerante a virus prevalentes

Producto: Documentos de investigación

Indicador: Libros y/o capítulos de libros resultados de investigación

Tanto los protocolos de laboratorio estandarizados de las técnicas que se aplicarán para cumplir con los objetivos del proyecto, como las bases de datos organizadas con la información de las evaluaciones realizadas, el análisis de la información y la discusión de resultados, estarán disponibles para futuros estudios de las diferentes comunidades científicas y académicas. Servirán de base para estructurar nuevos proyectos.

5.2.ALTERNATIVAS DE SOLUCION

5.3. EVALUACIÓN DE CRITERIOS

Los criterios de selección a tener en cuenta son los siguientes, (1) Capacidad instalada e idoneidad técnica disponible. (2) Aporte al cumplimiento de las políticas públicas, (3) Disponibilidad de conocimientos del tema y (4) Adopción del conocimiento obtenido por parte de los productores.

Posteriormente, a cada uno de los criterios se le asignó una calificación que va de 1 a 5, y se pondera multiplicando esta puntuación por el peso específico asignado a cada criterio. Una vez calificadas las alternativas de solución, se elige la de mayor puntaje, que sería la más viable y efectiva, acorde con la siguiente tabla:

Criterios de evaluación de las alternativas de solución	Peso específico asignado al criterio (1-5)	Alternativa 1		Alternativa 2	
		INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE LA INFECCIÓN DE VIRUS PREVALENTES EN GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL EN LA ZONA ALTA ANDINA		INVESTIGACIÓN OBTENER VARIEDADES TRANSGÉNICAS RESISTENTES AL VIRUS DEL TOMATE DE ÁRBOL	
		Calificación 1 a 5	Puntaje obtenido	Calificación 1 a 5	Puntaje obtenido
Capacidad instalada e idoneidad técnica	3	3.125	9.375	1.25	3.75
Aporte al cumplimiento de las políticas públicas	3	3.625	10.875	1	3
Disponibilidad de conocimientos del tema	5	4.75	23.75	4	20
Interes del conocimiento obtenido por parte de	4	4.625	18.5	4.5	18
TOTAL			62.5		44.75

La alternativa que ha obtenido mayor puntuación es la número 1. Es la alternativa óptima que sirvió como base para la formulación del proyecto.

5.4. JUSTIFICACION DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS IDENTIFICADAS

A continuación, se realiza una descripción de las alternativas identificadas para contribuir con la necesidad o problemática planteada, acorde a los criterios descritos en el ítem anterior.

Alternativa 1. INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN DE LA INFECCIÓN DE VIRUS PREVALENTES EN GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL EN LA ZONA ALTA ANDINA	Alternativa 2. INVESTIGACIÓN OBTENER VARIEDADES TRANSGENICAS RESISTENTES AL VIRUS DEL TOMATE DE ARBOL
<p>1. Los actores participantes cuentan con el conocimiento técnico y humano para el desarrollo de actividades biotecnológicas en especies vegetales de la región andina.</p> <p>Con varios años de experiencia se ha fortalecido el desarrollo de investigaciones tendientes a realizar mejoramiento genético para obtener nuevas variedades de cultivos de importancia para la región y que contribuyen a solventar problemáticas que afectan la producción, tales como bajos rendimientos por el ataque de enfermedades que no pueden ser controladas con alternativas convencionales.</p> <p>De igual manera la disponibilidad de talento humano, con experiencia en el desarrollo de investigaciones relacionadas con el estudio de virus y mejoramiento genético de frutales Andinos, hacen que esta alternativa se adapte a la problemática que rodea el cultivo de tomate de árbol para el departamento de Nariño.</p>	<p>1. El país cuenta con una importante tradición y una infraestructura de investigación básica, especialmente en los campos de la agricultura y la salud humana. Actualmente existen grupos de investigación estructurados que se han ido fortaleciendo en términos de capacidad académica e infraestructura desde hace más de 10 años.</p> <p>La investigación en biotecnología tomó un gran impulso a partir de la creación del Programa Nacional de Biotecnología (PNB) en 1991, a través del cual se ha venido realizando un acompañamiento, monitoreo y financiación a la formación de recursos humanos y proyectos de investigación relacionados con esta nueva tecnología.</p> <p>De esta manera, en la actualidad Colombia ya cuenta con 138 grupos de investigación en biotecnología, de los cuales la gran mayoría pertenece a las universidades públicas del país. Sin embargo el departamento de Nariño no cuenta con un grupo de investigación que se especialice en este tema, ni cuenta con la infraestructura necesaria para desarrollar este tipo de procesos.</p>
<p>2. En el contexto nacional, departamental y municipal se busca desarrollar iniciativas productivas para lo cual se ha apostado al establecimiento de lineamientos básicos de Ordenamiento Territorial, con contenidos que permitan orientar la localización</p>	<p>2. En Colombia, se ha aprobado el uso de semillas genéticamente modificadas de cultivos de maíz, clavel y algodón. El Instituto Colombiano Agropecuario, con el asesoramiento del Comité Técnico Nacional de Bioseguridad agrícola, es el encargado de</p>

<p>espacial de proyectos de impacto socioeconómico y sociocultural, con un plan productivo de transformación y comercialización, que tengan en cuenta la vocación productiva del territorio para así lograr la planificación en el uso potencial del suelo de manera sostenible, con el aprovechamiento adecuado del agua y teniendo en cuenta la fragilidad de los ecosistemas, la conservación de los recursos naturales y su diversidad étnica y cultural.</p>	<p>otorgar, después de una rigurosa evaluación caso por caso, la autorización para el uso semillas GM en las diferentes zonas agrícolas del país. Sin embargo la obtención de semillas transgénicas se limita para algunas especies y solo para fines de investigación. El departamento de Nariño actualmente no cuenta con dicha autorización.</p>
<p>3. La investigación plantea obtener el conocimiento del virus que actualmente afecta el cultivo de tomate árbol para que de ese modo se genere una alternativa de solución concreta. Acorde a los resultados que se obtengan después del desarrollo de las actividades planteadas, permitirá hacer un reconocimiento integral de las características de esta patología y su infección en el cultivo, que permitirá dar un paso para la obtención de alguna variedad que tenga algún grado de tolerancia a la enfermedad.</p>	<p>3. Para la producción de transgénicos se requiere conocer la estructura genética de las especies a trabajar, el genoma q debe estar secuenciado y mapeado para la identificación de las regiones codificantes o genes que serán manipulados acorde a la modificación genética que se desea realizar.</p> <p>El tomate de árbol aún no cuenta con la secuenciación completa de su genoma, así como el virus tampoco se ha evaluado en estos aspectos.</p>
<p>4. Estas tecnologías reconocen la complejidad e integridad de los múltiples factores ambientales, tecnológicos, socioeconómicos y culturales que intervienen en la producción sustentable y especialmente las múltiples estrategias de manejo ecológico, tecnológico y cultural de los sistemas de producción agropecuarios desarrollados y adaptados desde épocas ancestrales por las comunidades indígenas, negras y campesinas, por lo tanto los resultados son de adopción por parte de la comunidad.</p>	<p>4. Actualmente en el departamento de Nariño existe una oposición al uso de semilla transgénica que imposibilita el cultivo de este tipo de cultivo a tal punto que existen municipios en los que dentro de sus planes de desarrollo se han declarado territorio libre de transgénicos, como lo es el municipio de Sandona.</p>

6.3 Descripción de la alternativa seleccionada “investigación evaluación de la infección de virus prevalentes en genotipos de tomate de árbol en la zona alta andina”

El tomate de árbol es una especie que aún se encuentra en proceso de domesticación y las poblaciones de estos cultivares exhiben un alto grado de vulnerabilidad a problemas sanitarios debido a la co-evolución natural de las poblaciones de los patógenos, bajo nivel de selección a que ha sido sometida la especie y las semillas que siembran los agricultores

tienen un origen desconocido. El problema más limitante para el departamento de Nariño es la virosis del tomate de árbol, el manejo de este tipo de enfermedad se basa en prevenir que los virus lleguen o se establezcan en los cultivos y los productores no cuentan con genotipos mejorados o seleccionados por su capacidad de tolerar o resistir este tipo de enfermedad. Se espera que, con la oferta de genotipos mejorados, sea posible disminuir la vulnerabilidad de los cultivos de esta especie a factores bióticos y abióticos y mejorar la calidad de vida del productor. En este proyecto se plantea evaluar la reacción del virus en algunos genotipos de *Solanum betaceum* con el objetivo de buscar fuentes de resistencia, ya que el mejor método de manejo de enfermedades virales es haciendo uso de la variabilidad genética existente e inducida para obtener variedades resistentes o tolerantes. De esta manera, se podrá incrementar el área cultivada, aumentar la producción, disminuir costos de producción y disminuir los riesgos de contaminación ambiental.

7. MARCO TEORICO

7.1 Tomate de árbol *Solanum betaceum*.

Solanum betaceum, pertenece a la familia Solanaceae que es el tercer taxa más importante de plantas, económicamente el más valioso y variable en términos vegetales cultivados, siendo una de las más importantes en el abastecimiento de plantas útiles para la humanidad (Heiser, 1993). Está compuesta por más de 3000 especies distribuidas en 147 géneros (Judd *et al.*, 2002).

El tomate de árbol *Solanum betaceum* se muestra como una de las especies con mayor proyección para emprender proyectos productivos con miras a la exportación como fruta exótica que resalta por sus cualidades nutricionales, especialmente sus propiedades de reducción de colesterol, su alto contenido de fibra, vitaminas A y C, y su bajo nivel de calorías. Es rico en minerales, especialmente Calcio, hierro y fósforo; contiene niveles importantes de proteína y caroteno. Fortalece el sistema inmunológico y la visión, además de funcionar como antioxidante (Espinal *et al.*, 2005).

El tomate de árbol es una fruta exótica con delicioso sabor y aroma. La planta tiene de 2 a 3 m de altura, que pertenece a la familia de las solanáceas; tiene cualidades físicas, nutritivas y organolépticas (alto contenido de proteína y vitamina A, etc.), similares a las frutas que actualmente se consume. Pese a sus características sobresalientes no se le da la importancia que merece dentro de la alimentación humana. El consumo de tomate de árbol ha tenido un incremento sostenido de las áreas cultivadas (Feican *et al.*, 1999).

7.2 Origen y distribución

El Tomate de árbol *Solanum betaceum* es una planta de las zonas andinas, su probable centro de origen se localiza en áreas boscosas del sur de Bolivia y norte de Argentina, encontrándose además individuos silvestres de esta especie en el Perú, Chile, Ecuador y Colombia. Esta fruta se ha establecido en los Andes Suramericanos en lugares ubicados

desde los 1800 hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar y hoy en día se encuentra dispersa por diferentes partes del mundo. Se sabe que el tomate de árbol se cultiva desde épocas prehispánicas (Siglos XIII a XVII) (Bernal *et al.* 2003).

7.3 Dispersión

Esta especie que se encuentra dispersa por todo el mundo, fue introducida a Centro y Suramérica, así como a las Antillas, antes de la llegada de los conquistadores. Posteriormente fue llevada a España, Francia, Inglaterra y Alemania, en el siglo VII, de allí fue llevada al norte de África y sembrada en Egipto.

En las colonias inglesas en las Antillas (posiblemente de Jamaica), fue introducida a Suráfrica, de donde se dispersó por todo el continente hacia las zonas similares a su lugar de origen. De allí paso hacia otras colonias inglesas en Asia, como India, Ceilán, Hong-Kong y China, de donde un siglo más tarde (Siglo VIII) paso a Australia y Nueva Zelanda. En este último, adquirió un gran auge y de allí se dio a conocer como fruta comestible en Europa y algunos países de Asia, con el nombre de Tamarillo (Bernal *et al.* 2003).

Con la llegada de los europeos a América, el tomate de árbol fue reintroducido a Centro América y las Antillas. En los Andes Suramericanos los descendientes de los europeos y nativos lo sembraban como una especie más dentro de una variada diversidad de especies que hacían parte de sus tradicionales huertos campesinos. En Colombia la producción comercial de esta fruta se generó de manera casual, pues los mercados locales lo empezaron a demandar sin que aún se tuvieran establecidos huertos productivos. Lo anterior provoco un auge de la siembra de este frutal, ya que lo que existía se limitaba solo a árboles de patio o solar. Esto llevó a que algunas zonas en donde se observaba una mayor adaptación, se desarrollará una gran área productiva. Este auge se inició hacia la década de los 70s y se consolidó en los años 80s (Bernal *et al.* 2003).

7.4 Biología floral

El tomate de árbol como otras especies de las solanáceas se caracteriza por producir inflorescencias en forma de cimas escorpoides, es decir que el eje principal de la inflorescencia no crece indefinidamente, sino que muere o termina en una flor, desarrollándose debajo de los ejes secundarios, luego los terciarios, etc. La posición de las inflorescencias es morfológicamente terminal. Las flores exteriores de estas inflorescencias son las más jóvenes. Las inflorescencias están situadas en los brotes terminales, en los que se producen entre 10 a 73 flores en promedio; el mayor periodo productivo de flores por inflorescencias ocurre entre los 14 y 18 meses, después de este periodo la producción de flores se reduce (Bernal *et al.* 2003).

La inflorescencia se divide en tres regiones: pedúnculo, raquis y pedicelos. El pedúnculo está definido como el eje que sostiene la inflorescencia desde el tallo hasta el primer pedicelo, el raquis es el eje que sostiene los pedicelos (Bernal *et al.* 2003).

Las flores son perfectas, es decir que poseen todas sus estructuras bien diferenciadas, hermafroditas o con ambos sexos en la flor, monoclinas, alógamas y actinomorfas de forma simétrica en corte radial (Bernal *et al.* 2003).

La flor es pentámera, presenta cinco sépalos unidos hasta la mitad o más arriba, cinco pétalos unidos en la base, cinco estambres que alternan con los lóbulos de la corola y su pistilo está formado por dos carpelos unidos (Bernal *et al.* 2003).

La antesis de las flores ocurre entre las 8 am y las dos pm, con un pico entre las 9 am y las 10 a.m. La dehiscencia de las anteras ocurre durante todo el día. El estigma es receptivo durante tres días después de la antesis, pero presentan autoincompatibilidad, es decir que no se pueden polinizar, de ahí que esta es una planta alógama, lo cual ocasiona la variabilidad genotípica del cultivo. En el tomate de árbol la polinización es cruzada, principalmente entomófila a través de los insectos de la familia Himenóptera. Las flores no polinizadas caen tres o cuatro días después de la antesis (Bernal *et al.* 2003).

7.5 Variabilidad genética

La especie *Solanum betaceum* ha tomado importancia como un cultivo potencial y promisorio debido a su valor nutritivo y a sus propiedades organolépticas que lo hacen apetecible en los mercados nacionales e internacionales. Colombia cuenta con ofertas ambientales óptimas para el cultivo pero aún no ha hecho uso de su variabilidad y biodiversidad. Por lo tanto, los agricultores se ven enfrentados a problemas de diferente índole, entre ellos los fitosanitarios, que no permiten explotar el potencial genético de la fruta.

Según Lobo (2000) las posibilidades de producción se derivan de una serie de aspectos, como por ejemplo: a) la presencia de amplia variabilidad genética por ser el área andina el Centro de Diversidad Primaria de esta especie; b) la existencia en la zona de nichos ecológicos apropiados para su siembra; c) la aceptación de la fruta por parte de los consumidores locales y de otras regiones del mundo; d) el déficit en el consumo de frutas por parte de los habitantes del área andina y de América Latina; e) las posibilidades agroindustriales; f) el potencial de producir desarrollo económico a nivel de pequeños productores y generar empleos a nivel de la cadena productiva; g) el ser alternativas para el remplazo de cultivos ilícitos y h) el escaso grado de competencia por parte de zonas productoras de otras áreas geográficas del mundo.

El desarrollo de esta especie debe partir de una amplia base genética, aspecto que ha sido considerado crítico en la mayoría de cultivos comerciales. Al respecto, se ha señalado que, en muchas especies, la cantidad de variabilidad disponible para la selección es limitada (Cooper *et al.*, 2001). Para contar con una base de diversidad que permita cimentar los programas de producción de cultivares con diferente constitución genética, es necesario conformar colecciones con poblaciones obtenidas en diversas condiciones ecológicas. Para ello son importantes, en especies con poco desarrollo, los cultivares de los agricultores, quienes poseen gran variabilidad en conjunto (Lobo, 1992).

La diversidad genética no es aleatoriamente distribuida a través o dentro de las poblaciones. Varios factores como el sistema reproductivo y el flujo de genético pueden influir sobre su nivel y su distribución, dentro y entre poblaciones. La información histórica y evolucionaria sobre la domesticación de un cultivo en particular, la distribución geográfica y la magnitud del uso de sus acervos genéticos es muy importante para la planeación del uso racional de germoplasma en iniciativas de potenciación genética, mejoramiento o ampliación de la base genética. A pesar que la diversidad genética, por sí misma, no es necesariamente una meta económicamente productiva de los agricultores, algunos estudios indican que aún existe una diversidad genética importante en su fincas en las áreas que corresponden a los Centros de Diversidad, lo que se magnifica por el hecho que las variedades sembradas y desarrolladas por éstos proceden de diferentes fuentes (Brown, 2000).

La utilización del potencial genético de cualquier cultivo depende de la disponibilidad de una amplia variabilidad genética, la que puede encontrarse en el campo o en bancos de germoplasma. En Colombia, AGROSAVIA tiene a su cargo el Sistema de Bancos de Germoplasma del Estado Colombiano para Alimentación y Agricultura, en Convenio de Cooperación Técnica y Científica, suscrito al tenor de la Ley de Ciencia y Tecnología.

En este banco se tiene la mayor colección de tomate de árbol y de especies relacionadas como *S. hartwegii*, *S. pilosa*, *S. uniloba*, *S. sibundoyensis*, y *S. cajanumensis*, entre otras. Estas especies son promisorias para ser cultivadas en algunas regiones andinas o pueden ser útiles en programas de mejoramiento de *Solanum betaceum*. De hecho *S. uniloba*, por ser tolerantes a la antracnosis del fruto del tomate de árbol, es utilizada en un programa de biotecnología y recursos genéticos vegetales adelantado en el C.I. La Selva de AGROSAVIA (Bernal y Díaz, 2003).

7.6 Estado del arte de la investigación.

El cultivo del tomate de árbol para el período 1992-2003 se extendía a cerca de 7.646 hectáreas, distribuidas en 18 departamentos del país, principalmente en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Risaralda, Tolima, Cundinamarca y Nariño (Saldarriaga et al., 1997). Este cultivo es considerado actualmente como un fruto exótico promisorio y se ha constituido en una alternativa de producción para los agricultores de las zonas de clima frío moderado premontano y montano bajo de Colombia, ocupando el 4.1% de la producción de frutas frescas del país, sin incluir el banano. Sin embargo, actualmente el crecimiento del cultivo se ha visto disminuido por efecto de la erradicación de importantes extensiones del cultivo en municipios con tradición, debido a la presencia de diferentes problemas fitosanitarios entre los que se destacan las enfermedades de etiología viral (Jaramillo Zapata y Col., 2012). Según la Encuesta Nacional Agropecuaria ENA (Dane, 1012), en Nariño hay sembradas alrededor de 710 ha, siendo Antioquia el mayor productor con una participación de 1807 ha. Según esta Encuesta, el Tomate de Árbol, se encuentra dentro de los cultivos frutales más importantes en el ámbito nacional. En la actualidad los problemas virales se han extendido y agravado según los reportes publicados en Nariño (Betancourt y Col., 2003; Rodríguez, 2010), Cundinamarca (Álvarez, 2010; Cuspoca, 2007) y Antioquia

(Ayala, 2009; Jaramillo 2009), que registran un aumento de la incidencia y la severidad en estas zonas.

En el mundo solo existen reportes de virus en cultivos de tomate de árbol en Nueva Zelanda, Ecuador y Colombia. En nueva Zelanda se han identificado los siguientes virus (Eagles y col., 1994; Fletcher, 1987): *Tamarillo mosaic virus* (TamMV, Potyvirus), *Cucumber mosaic virus* (CMV, Cucumovirus), *Potato aucuba mosaic virus* (PAMV, Potexvirus), *Alfalfa mosaic Virus* (AMV, Alfamovirus), *Tomato spotted wilt virus* (TSWV, Tospovirus) y *Tomato mosaic virus* (ToMV, Tobamovirus). En Ecuador se han presentado epidemias virales que han causado pérdidas hasta del 50% en algunos cultivos, detectándose los virus: AMV, CMV, TamMV, ToMV, TSWV y *Tomato ringspot virus* (ToRSV, Nepovirus). También se han encontrado AMV, *Potato Leafroll Virus* (Polerovirus), *Tomato ringspot virus* (ToRSV) y Potato virus Y (PVY, Potyvirus) (Vizuet, 1990) y TMV. Además, se reportó la presencia de un posible nuevo virus del género Potyvirus (Ochoa e Insuasti, 2015) con una sintomatología de ampollamientos, mosaicos, deformación de hojas, aclaramiento de venas, ondulamiento de hojas, cuyos síntomas coincidían con lo reportado en Colombia por Ayala (2009), al cual se denominó *Tamarillo leaf malformation Virus* (TaLMV). En Colombia se han reportado al menos en siete regiones enfermedades asociadas a virus en el cultivo del tomate de árbol. La primera se reportó en Boyacá y fue denominada necrosis anular del tomate de árbol. El agente causal de esta enfermedad se caracteriza por presentar partículas alargadas y flexuosas de aproximadamente 750 nm de largo, que presenta transmisión mecánica a partir de inóculo de frutos enfermos, pero no a partir de hojas afectadas ni del áfido *Myzus persicae*. Se cree que este virus hace parte del género *Potyvirus*, aunque no se han realizado estudios moleculares que lo confirmen (Tamayo, 1996). El segundo problema viral fue reportado por Sañudo y Orellana en 1989, quienes registraron la presencia de síntomas virales en plantas de tomate de árbol en el Valle de Sibundoy (Putumayo), los cuales se consistían en amarillamiento general de la planta y causar clareamiento de venas, vejigas y ampollas, enrollamiento foliar y reducción del área fotosintética, aunque no se determinó la identidad de su agente causal. El tercer problema viral fue en Antioquia: los primeros síntomas de afección viral en tomate de árbol fueron observados en cultivos de los municipios de Rio Negro y Marinilla, que presentaban plantas con mosaicos, donde Tamayo, (1990), reporta partículas isométricas de aproximadamente 30 nm de diámetro el cual se detectó con un anticuerpo policlonal que desarrollaron denominado Col723 (Tomado de Jaramillo-Zapata, 2012).

El cuarto problema viral fue denominado “virosis” del tomate de árbol; se detectó en 1991 en el municipio de Santa Rosa de Osos, y en 1992, en el Oriente Antioqueño (Bernal y Tamayo., 2003; Saldarriaga y Bernal, 1994; Saldarriaga y Col., 1997). Los síntomas de esta enfermedad se manifiestan en hojas y frutos, y se caracterizan por la presencia de mosaicos, engrosamiento de nervaduras, ampollas y formación de rosetas. En los frutos verdes se presentan manchas moradas que cambian a diferentes tonalidades rojizas con la maduración; además, es frecuente encontrar frutos deformes y daños en la calidad de la pulpa. Aparentemente, el virus no se transmite por semilla (Tamayo, 1996; Saldarriaga y Bernal, 1994). Se ha demostrado la alta incidencia de esta enfermedad gracias a un estudio realizado, donde muestras foliares con síntomas aparentes de virosis reaccionaron con el

antisuero Col-11, desarrollado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) para este virus (Tamayo, 1990). Así mismo, en estudios recientes, han detectado la presencia de un complejo viral en siete regiones productoras de tomate de árbol en Antioquia, identificando la presencia de los virus AMV, CMV, PLRV, ToRSV y de los Potyvirus PVY y TaMLV, en diferentes cultivos de este departamento, siendo los Potyvirus (detectados con anticuerpos universales para este grupo), CMV y PLRV los de mayor incidencia, con niveles promedio de 76%, 57 y 41%, respectivamente (Cuspoca, 2007; Jaramillo, 2009). En el Valle del Cauca se reportó una quinta enfermedad de etiología viral asociada a cultivos de tomate de árbol y sus posibles agentes causales fueron detectados mediante microscopía electrónica, encontrando partículas isométricas y flexuosas que se transmiten mecánicamente y por áfidos (Chávez y Varón, 2001). En 2003, Betancourth y Col, reportaron una enfermedad viral en el departamento de Nariño caracterizada por inducir manchas aceitosas, clorosis, mosaicos, distorsiones de color, tamaño y forma de las hojas y frutos. La enfermedad, se atribuyó a un posible miembro del género Potyvirus, debido a sus características morfológicas y a su transmisión mediante áfidos de la especie *Mysus persicae* e inoculación mecánica. Adicionalmente, existen reportes preliminares basados en pruebas de detección por RT-PCR y extracción de ARN de la presencia de un posible Cucumovirus y de un polerovirus en cultivos de tomate de árbol en Cundinamarca asociados a síntomas de malformación en hojas, clorosis, baja talla, volcamiento y llagas (Cruz, 2005).

Las observaciones recientes de sintomatologías de posible origen viral en cinco departamentos productores del país (Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Putumayo) condujeron a proponer la utilización en forma general del nombre Virosis del tomate de árbol, para agrupar los diferentes problemas virales presentes en este cultivo (Ayala, 2009; Jaramillo, 2009) y cuyas sintomatologías incluyen la presencia de mosaicos con ampollamientos, deformaciones foliares y cambios en la apariencia de flores y frutos. También, es posible ver la presencia de síntomas más específicos como bandeamiento de venas, grabados no geométricos en hojas y frutos, amarillamiento de venas, manchas aceitosas, anillos necróticos y bronceamiento del tejido foliar. Sin embargo, la etiología de cada uno de estos síntomas no se ha identificado plenamente, por lo que se requiere el establecimiento de experimentos que permitan la separación de las mezclas de virus.

A pesar del alto número de virus reportados en el cultivo del Tomate de árbol, diversos estudios han demostrado que potyvirus como el TaMV y PVY, aparentemente representan desde el punto de vista económico, los más importantes agentes causales virales en este cultivo (Vizueté *et al.*, 1990; Eagles *et al.*, 1994; Tamayo, 1996; Betancourth *et al.*, 2003; Gil *et al.*, 2009). Los potyvirus hacen parte de la familia *Potyviridae* cuyo nombre se deriva de la especie tipo PVY. Muchos de ellos causan pérdidas económicas en diversos cultivos y generalmente inducen síntomas de mosaicos y moteados foliares. Son transmitidos predominantemente por áfidos de forma no persistente, mecánicamente (Riechmann *et al.*, 1992) y ocasionalmente por semilla o por polen (Gibbs y Mackenzie, 1997). Los miembros del género *Potyvirus* constituyen el segundo grupo de virus de plantas más numeroso, con al menos 180 miembros que representan aproximadamente el 30% de todos los virus vegetales (Ward y Shukla, 1991; Van-Regenmortel *et al.*, 2000). La familia *Potyviridae* cuenta con siete géneros, destacándose el género Potyvirus (160 especies), por el efecto

negativo que causan algunos de sus miembros, en plantas de importancia agrícola a nivel mundial (ICTV, 2016).

A partir de diversos estudios de enfermedades de etiología viral en plantas se han caracterizado algunos miembros de algunos géneros virales que atacan el cultivo del Tomate de árbol en su composición molecular y estructura genómica. Los Potyvirus, género al cual pertenece el principal virus objeto de estudio de este proyecto de investigación, se caracterizan por presentar varillas flexuosas de 650 a 900 nm de longitud y 11 a 13 nm de ancho. Su genoma es de ARN de cadena sencilla positiva con un tamaño de aproximadamente 9-10 kpb, poliadenilados en su extremo 3' y asociados a una proteína unida covalentemente al extremo 5' (Gibbs y Mackenzie, 1997; Van- Regenmortel y Col., 2000; Hsu et al., 2005). El genoma de los miembros del género *Potyvirus* codifica para una poliproteína precursora de 350 kDa (Riechmann, et al., 1992, 1995) que es subsecuentemente procesada por tres proteasas en siete proteínas pequeñas: P1, componente asistente; P3, inclusión cilíndrica (CI); inclusión nuclear a (NIa); inclusión nuclear b (NIb); proteína de cápside (Cp) y dos proteínas putativas conocidas como 6K1 y 6K2 (Riechmann et al., 1992). Las tres proteasas de origen viral son: la proteinasa P1 y la proteinasa del componente asistente (HC-pro), que catalizan sólo reacciones autoproteolíticas en los extremos C-terminal (Verchot et al., 1991; Verchot y Carrington, 1995) y la proteína de inclusión nuclear (NIa-Pro), un homólogo de la proteinasa del picornavirus 3C, que realizan los clivajes restantes por mecanismos trans y autoproteolíticos.

Shukla y Col (1994), indican que la región más frecuentemente utilizada en estudios de taxonomía y diversidad genética de potyvirus ha sido el gen que codifica para la cápside (Cp), debido principalmente a su posición en el extremo 3'-terminal del genoma, lo que ha facilitado su secuenciación mediante el uso de cebadores del tipo oligo-dt. Algunos estudios han determinado que, cuando se utilizan secuencias de la cápside viral para los estudios taxonómicos en potyvirus, la base para demarcar especies debería corresponder a un nivel de identidad del 76-77% en su secuencia de nt. En el caso del posible Potyvirus TaLMV, en el año 2015, se obtuvo la secuencia completa del virus, la cual corresponde a la primera secuencia de un Potyvirus infectando Tomate de árbol (Gutiérrez et al., 2015). Hasta el momento no se han caracterizado nivel funcional las proteínas que lo conforman, únicamente por se han establecido por homología de secuencias con otros Potyvirus.

Teniendo en cuenta que el TaLMV, es relativamente un virus de reciente identificación, aún no se han realizado estudios de análisis biológico y molecular de aislados virales que arrojen información contrastante con datos moleculares para relacionarla con su comportamiento biológico y de esta manera generar conocer los mecanismos de infección del virus con su hospedador. De esta manera se podría determinar algunas de las interacciones del patógeno con la planta hospedera, y a futuro se podrían consolidar recomendaciones de control, mitigación y manejo de la enfermedad. Salazar y Col (2010) realizaron un estudio en el cual se evaluaron genotipos de Tomate de árbol resistentes al virus de la mancha aceitosa, el cual se trasmite mecánicamente con una eficiencia del 8 %, con un periodo de incubación de 15 a 20 días, y por áfidos de la especie *Myzus persicae* en forma no persistente, pero no por semilla sexual. Posee partículas largas de 800 nm. La

forma de la partícula, su tipo de vector y las propiedades fisicoquímicas, sugieren que este virus pertenece al género *Potyvirus*, el cual posteriormente en 2010, fue identificado por Ayala y col y en 2011 por Jaramillo y Col como TaLMV. Esto, posteriormente, fue corroborado por Gutiérrez y Col en el 2015, cuando obtienen la secuencia completa del TaLM, quienes proponen que esta especie pertenecería al género *Potyvirus* debido a la homología de secuencias con otros miembros de este género. Además, trabajos recientes han demostrado que *CMV*, *PLRV*, otro *Potyvirus* y *PVY*, estarían asociados con esta enfermedad. En la anterior investigación, evaluaron una colección de 40 genotipos de tomate de árbol y siete de tomate silvestre, y siete genotipos de tomate silvestre (*Cyphomandra sibundoyensis*), buscando fuentes de resistencia al patógeno, y encontraron 45 genotipos susceptibles y dos resistentes Buesaco 02 y La Unión 08, constituyendo un material genético promisorios para el manejo de la enfermedad en la región.

Salazar y Col (2010) afirman que el mejor método para el control de enfermedades virales es el genético, para obtener variedades tolerantes o resistentes, haciendo uso de la variabilidad genética existente o recurriendo a los centros de origen de las plantas. Para buscar genotipos que respondan frente a problemas virales, se necesita partir de una base amplia de variabilidad genética. Para generarla, existen diferentes estrategias para conseguirla. Entre estas fuentes de variabilidad están los cruces entre diferentes genotipos, la generación de organismos modificados genéticamente y las mutagénesis. La mutagénesis es el proceso por el cual la información genética de un organismo es cambiada de una manera estable. Esto sucede en la naturaleza como un resultado de la reparación de los errores que ocurren en la duplicación del ADN. La mutagénesis puede ser explotada experimentalmente por medios físicos, químicos y biológicos (Forster y Shub, 2011). En este sentido, a mutagénesis se ha usado en programas de mejoramiento de muchos cultivos, que incluyen alimentos (maíz, trigo, arveja), ornamentales (*Chrysanthemum*, *Poinsettia*, *Dahlia*) y árboles frutales (cítricos, manzana, pera). Las características modificadas incluyen agronómicas como la madurez de planta, resistencia al invierno, resistencia al volcamiento y otras de alteración genética (aleatoria o espontánea versus mutagénesis convencional).

La mutación es un proceso por el cual los genes pasan de una forma alélica a otra (Tropa, 2010). En términos de origen, las mutaciones pueden ser espontáneas (natural) o inducidas (artificiales con la ayuda de agentes físicos y químicos). Las mutaciones espontáneas en los organismos, se presentan en una proporción de 10^{-5} a 10^{-6} por generación para la mayoría de locí. Esto significa que uno de 100.000 o uno en un 1.000.000 de gametos puede llevar un nuevo alelo mutado en cualquier locus. Estas son causadas por errores en los procesos moleculares asociados con la replicación de ADN, la recombinación y la división nuclear. Sin embargo, debido a agentes mutagénicos comunes al ambiente (radiaciones naturales) se inducen mutaciones, las cuales son más difícil de distinguir de las mutaciones inducidas espontáneamente debido a procesos celulares (Acquaah, 2007).

Las mutaciones también pueden clasificarse de acuerdo con el tipo de cambio estructural producido. La mutación genómica consiste en cambios en el número de cromosomas (ganancia o pérdida de grupos completos de cromosomas o partes de un grupo); la mutación estructural produce cambios en la estructura de los cromosomas (ej:

duplicaciones o translocaciones de segmentos) y la mutación génica que son cambios en la constitución de nucleótidos de ADN (por delección o sustitución). La mutación puede ocurrir en el ADN cromosomal o en el ADN extranuclear (citoplasma) (Acquaah, 2007; Prina, *et al.*, 2010).

La inducción de mutaciones en los programas de mejoramiento genético ha sido usada ampliamente desde hace más de 80 años mediante el uso de agentes mutagénicos físicos, Incluyendo mutagénesis de inserción, rayos X, rayos gamma, neutrones térmicos y diferentes agentes mutagénicos químicos (Tropa, 2010; Forster y Shub, 2011). El Dietil sulfato (DES) es un agente químico mutagénico alquilante del nitrógeno en las bases del ADN y produce la escisión de las cadenas de ADN y metilación de las adeninas, que en los reordenamientos del ADN los grupos metilo pueden interferir con la adenina-guanina en el apareamiento de bases, lo que genera la mutación de las cadenas y se constituyen en herramientas altamente eficaces para esta tarea. Los efectos genéticos que presenta en las células ya sean animales o vegetales son: inducción del daño del ADN, mutaciones, duplicación genética y alteraciones citogenéticas (Hoffmann y Col., 1988). En un estudio de inducción mutagénica con el agente DES realizado en *Salmonella tymphimurium*, mostró que indujo diferentes clases de sustitución de pares de bases (Transiciones CG - AT, Transversiones CG - TA y AT - TA) (Hoffmann y Col., 2002), las cuales se reflejan a nivel fenotípico y genotípico.

Finalmente, el papel de la transferencia participativa e información generada, es incrementar su adopción a través de diferentes productos, procesos, servicios, metodologías participativas y modelos de comunicación, que incrementen la competitividad, en este caso, del sistema productivo de Tomate de árbol, teniendo como base principal a los agricultores.

El diálogo de saberes toma como principio el conocimiento de productores e investigadores, para articular una red que aporte conocimientos y experiencias en lo práctico, tomando en cuenta los conocimientos de cada actor; además, es fundamental confrontar para llegar a acuerdos en pro del mejoramiento de las condiciones de los cultivos, en éste caso del cultivo del Tomate de árbol, pretendiendo incrementar la productividad, competitividad y el mejoramiento de la calidad de vida de los productores; ésta metodología es inclusiva a los agricultores desde su conocimiento y contexto social, donde sus tradiciones y los imaginarios en los procesos del cultivo puedan ser concertados y complementados con conocimiento científico, permitiendo la transferencia por medio de la participación **ACTIVA** y los aportes de los agricultores, para implementar alternativas de mejoramiento del cultivo y el desarrollo sustentable (cultivo y comunidad), conformándose un proceso continuo que genere lecciones aprendidas útiles para la reflexión e insumos de la investigación; para esto es fundamental inmiscuir a todos los actores en las investigaciones durante todo el proceso de forma participativa. Los principios de la metodología de Diálogo de Saberes se basa en la actitud y comportamiento de los facilitadores, donde: se respeta y valora la sabiduría local y los saberes de hombres y mujeres, se promueve la complementariedad entre las sabidurías locales y los conocimientos científicos, no se impone reglas (mejor promover la concertación, el diálogo y el mutuo respeto), el foco de atención son las personas y la naturaleza, se construye desde el saber actual y tradicional, antes que desplazar y/o sustituir, se promueve el aprendizaje

social y la reflexión-acción; **“Aprender Haciendo”**, se activa y motiva la transmisión continua de conocimientos a través del ciclo Aprender-Enseñar-Aprender.

Esta investigación combinará el Diálogo de Saberes y las ECAs a partir de la relevancia de género, considerando a la mujer como eje de la familia, que incidirá profundamente en el desarrollo comunitario. Las ECAs son plataformas participativas que fomentan las decisiones integrales y la innovación en la agricultura sostenible; están enfocadas hacia una educación agroecológica y un aprendizaje participativo. Según experiencias de ésta metodología en capacitaciones en Asia, África y América Latina las mejores intervenciones contienen las siguientes características: ocurren en grupos donde los agricultores discuten y aprenden entre ellos; son holísticos porque comprenden la realidad y complejidad del agricultor y su campo; son prácticos ya que toman lugar en el campo con mucha práctica y repetición; enfatizan el proceso de toma de decisiones enfocándose no solo en las tecnologías sino en el proceso de análisis de alternativas; incluyen seguimiento individual donde los facilitadores o capacitadores visitan a los agricultores en sus campos para ayudarles a enfrentar obstáculos particulares (Guzmán y Jaramillo, 2005).

8. IDENTIFICACION Y ANALISIS DE PARTICIPANTES

8.1. Identificación de los participantes

ACTOR	ENTIDAD	POSICIÓN	Intereses o expectativas	Contribución o Gestión
Departamental	Nariño	Cooperante	Contribuir a la materialización de la Guías Sectorial De Proyectos Tipología No 1. Investigación y desarrollo experimental y al Plan de Desarrollo Departamental Eje 4. Desarrollo Integral.	Respaldar la presentación, revisión y viabilización del proyecto para su financiación por el FCTeI de Regalías, además de supervisión y contratación de interventoría.
Otro	FUNDASURCO	Cooperante	Articular a los actores participantes para llevar a cabo la operación del proyecto, desarrollo de actividades y alcanzar las metas propuestas.	Aportar con contrapartida en especie para cubrir imprevistos durante la utilización de terrenos para el montaje de lotes experimentales.
Otro	ASOHOFRUCOL	Cooperante	Involucrar a productores en actividades de socialización inicial y parcial de resultados, a través de metodologías como diálogos de saberes, escuelas de campo y evaluaciones participativas	Aportar con contrapartida en especie con la consecución de las instalaciones requeridas en las actividades de socialización inicial y parcial de resultados, como salones, oficinas, auditorios, etc.
Otro	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA	Cooperante	Participar a través de sus estudiantes y docentes en las actividades de generación de conocimiento básico de las interacciones bióticas, abióticas e identificación y caracterización del virus	Aportar con dos docentes expertos en virología, biotecnología de plantas y microbiología como contrapartida en especie para la coordinación de actividades requeridas durante la caracterización molecular y biológica de los principales virus de tomate de árbol y el uso de capacidad instalada.

Otro	UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA	Cooperante	Potenciar y fomentar una cultura investigativa a través de la consolidación de redes de investigación dentro de la institución.	Aporte en contrapartida para el uso de oficinas requeridas para desarrollar actividades técnicas, operativas y administrativas, además, un espacio físico requerido para ejecutar actividades de biotecnología relacionadas con los objetivos 1, 3 y 4 del proyecto.
Otro	ENTES TERRITORIALES (ALCALDÍAS): SANDONA, IPIALES, YACUAQUER, PROVIDENCIA, BUESACO Y LA FLORIDA	Beneficiario	Mantener las alianzas con sectores públicos y privados del orden Departamental y Nacional y desarrollar actividades que les permitan cumplir con sus planes de gobierno.	Productores de tomate de árbol y del sector agrícola participarán en las actividades programadas en el proyecto.
Otro	OTRO	Oponente	Limitar el acceso a los municipios beneficiarios y generar alertas de seguridad	Personas inescrupulosas y/o actores ilegales que dificultan el acceso a los municipios beneficiarios y al normal desarrollo de las actividades del proyecto

Nota: Acorde al documento con radicado No. 20181900282691 de “verificación de requisitos para la aprobación de proyectos” de fecha 31 de julio de 2018. Con relación a la observación de código G317 correspondientes al aparte ANÁLISIS DE PARTICIPANTES, realizamos las siguientes aclaraciones:

Observación “b”: “Verificar la pertinencia de incluir como posibles beneficiarios a los productores de tomate de árbol de todo el departamento”: se considera que no es pertinente incluir como beneficiarios a todos los productores del departamento, puesto que al tratarse de una investigación el alcance de los productos dependen de los resultados. Además de que los beneficios del proyecto se evidencian directamente con los productores que participen de las actividades de socialización inicial y de los resultados parciales y finales que se obtengan en el proyecto.

Observación “c”: “Se recomienda incluir las posiciones con la categoría oponente y/o perjudicado, cuando no aplique se sugiere justificar la no aplicabilidad”: se considera que la posición de “perjudicado” no aplican para este proyecto, puesto que las actividades que ejecutan los diferentes actores y/o comunidades no se interfieren, ni sufren alteraciones de ningún tipo por el desarrollo de este proyecto. La naturaleza de un proyecto de investigación, y de este en particular, es buscar mediante la aplicación del método científico la evaluación de alternativas que contribuyen a la solución de un problema determinado, toda vez que las acciones que se llevan a cabo se realizan de manera experimental, precisamente para valorar el tipo de efecto o respuesta que se genera, al obtener una respuesta negativa, lógicamente la aplicación de esas metodologías o protocolos no son validadas, difundidas ni replicadas.

8.2. Análisis de los participantes

8.2.1 Antecedentes de las entidades participantes

Gobernación de Nariño FCTeI DEL SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS (SGR):

La Gobernación de Nariño acorde al artículo 7 de la Ley 1753 de 2015, realizó la construcción del Plan de Acuerdo Estratégico Departamental en Ciencia, Tecnología e Innovación; además de contar con insumos con el Plan de Desarrollo Departamental “Nariño Corazón del Mundo”, El Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Plan Regional de Competitividad de Nariño 2010-2032. Por este motivo se ha planteado consolidar un ecosistema de ciencia, tecnología e Innovación, competitivo y generador de conocimiento, que impacte en el desarrollo territorial sostenible e integral, contribuyendo al buen vivir de sus habitantes, bajo un enfoque diferencial, orientados a fortalecerse como una región biodiversa, pluriétnica y multicultural, en los siguientes focos estratégicos:

- I) Salud
- II) Medioambiente

- III) Energías alternativas
- IV) Agropecuario-Agroindustrial
- V) Desarrollo Humano y social
- VI) Biodiversidad.

En este orden de ideas el Departamento de Nariño con recursos de CTeI, durante los últimos años ha fomentado y financiado en el sector agropecuario-agroindustrial y de Biodiversidad con proyectos de CTeI:

- Financiar 12 proyectos de investigación hasta por 500 millones de pesos para grupos y centros de investigación del departamento en el sector agro y sector ambiente donde se beneficiarán 144 investigadores, por un valor de: \$6.372.214.146
- Financiar 13 iniciativas (1 por subregión) de apropiación social de CTeI con comunidades rurales, grupos de investigación y sector productivo del departamento por un valor aproximado de 250 millones por iniciativa, por un valor de: \$5.592.854.623
- Fortalecimiento del sector panelero mediante investigación e innovación agrícola y agroindustrial en el Departamento de Nariño en CTeI por un valor de: \$ 4.078.811.808
- Investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (*Pisum sativum l.*) en el Departamento de Nariño – CTI, por un valor de: \$ 2,903,353,349
- Desarrollo de un Bioinsumo de especies promisorias útil para el control de enfermedades del cacao y cultivos tipo exportación en Tumaco, Nariño, occidente – CTI, por un valor de: \$ 1,216,479,950
- Estudio para el mejoramiento de la productividad y calidad sensorial (aroma y sabor) del cacao (*Theobroma cacao l*) regional del departamento de Nariño, por un valor de: \$ 6,680,223,459
- Mejoramiento de la oferta forrajera optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el trópico alto del departamento de Nariño, por un valor de: \$ 8.514.796.407

FUNDASURCO: La Fundación para el Desarrollo Agroambiental y Social del Suroccidente Colombiano durante 5 años de trabajo se ha fortalecido principalmente en Asistencia Técnica, Formación de Talento Humano y proyectos de Ciencia Tecnología e Innovación para el mejoramiento de la productividad del Sector Agropecuario. En el siguiente cuadro se indican los procesos más significativos adelantados en este periodo:

ENTIDAD CONTRATANTE	PROYECTO O CONVENIO EJECUTADO	Año ejecución	Valor
UNIVERSIDAD DE NARIÑO	“Contrapartida en el proyecto” EVALUACION DEL EFECTO DE SOMBRA DE DIFERENTES ESPECIES ARBOREAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO Y CALIDAD DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.) VARIEDAD CASTILLO EN LA ZONA CAFETERA EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO	2012 – 2019	\$3.828.652.302
UNIVERSIDAD DE NARIÑO	“Contrapartida en el proyecto” INCREMENTAR LA CALIDAD DEL CULTIVO DE LULO MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO PARA EL INJERTO ARBOLEDA, NARIÑO OCCIDENTE”	2012 – 2017	\$1.322.530.000
UNIVERSIDAD DE NARIÑO	“Gestión y personal ejecutor” MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO DEL SISTEMA PAPA EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.	2015 – 2020	\$ 8.149.670.846
UNIVERSIDAD DE NARIÑO	“Gestión y personal ejecutor” MEJORAMIENTO GENETICO DE UCHUVA <i>Physalis peruviana</i> PARA LA ZONA ALTO ANDINA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO”.	2015 – 2020	\$3.600.109.600

ASOHOFRUCOL: Es una organización gremial y agroempresarial que representa los intereses de los productores de frutas, hortalizas, plantas aromáticas, raíces y tubérculos de Colombia ante los diversos actores públicos y privados, vinculados con el sector hortofrutícola en el contexto nacional e internacional. Han apoyado y coordinado diferentes actividades de promoción, formulación, ejecución e investigación científica, brindando capacitación, asistencia técnica y transferencia participativa a los productores para mejorar sus capacidades técnicas, administrativas y comerciales.

Además, acopian y difunden información sectorial para su fortalecimiento económico, social y empresarial. Para esto cuentan con diversos canales de comunicación y propician procesos de interacción con productores a través de congresos, seminarios y talleres para promover un mayor acercamiento entre los actores del sector y compartir conocimientos y experiencias.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA: La UNAL está encaminada a poner al servicio del país las capacidades científicas que está construyendo la institución en materia de ciencia, tecnología e innovación (CT+I) y, a la vez, contribuir al

avance y desarrollo tecnológico. La consolidación de este propósito es impulsada por 931 grupos de investigación con que cuenta la Universidad, de los cuales 487 están categorizados en Colciencias; y por el Sistema Nacional de Laboratorios, que cuenta con 606 laboratorios en siete sedes, de los cuales 9 están acreditados o en proceso de acreditación.

Asimismo, el trabajo adelantado desde la Vicerrectoría de Investigación en cuanto a las Agendas del Conocimiento, ha servido para fortalecer los procesos de generación y apropiación de conocimiento realizados por los investigadores mediante sus diversas formas de asociación –grupos, centros, consorcios, redes, etc.– y para realizar la construcción colectiva de una visión compartida de futuro.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA: La UNAD tiene como misión contribuir a la educación para todos a través de la modalidad abierta, a distancia y en ambientes virtuales de aprendizaje, mediante la acción pedagógica, la proyección social, el desarrollo regional y la proyección comunitaria, la investigación y las innovaciones metodológicas y didácticas. Cuenta con instalaciones modernas, donde se pueden llevar a cabo procesos de aprendizaje prácticos y desarrollar actividades de ciencia, tecnología e innovación.

ENTES TERRITORIALES (ALCALDÍAS): SANDONA, IPIALES, YACUAQUER, PROVIDENCIA, BUESACO Y LA FLORIDA: Dentro de los planes de desarrollo de los municipios involucrados en el proyecto, se encuentran priorizadas estrategias para fortalecer el desarrollo económico del sector agrícola y de su territorio mediante el impulso de cultivos promisorios que generan ingresos y contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Además, se priorizan cultivos que aportan a la economía de los municipios mediante la demanda de mano de obra, generación de ingresos para los productores y que poseen un potencial productivo en mercados locales, departamentales, nacionales e internacionales, tal como lo constituye el de tomate de árbol.

Dentro de las dependencias de las alcaldías, las UMATAS juegan un rol fundamental en la identificación de zonas productoras para los cultivos, debido a las actividades de asistencia técnica que desarrollan, así como también la identificación de agricultores líderes y asociaciones que se interesan en procesos de investigación y en la adopción de nuevas tecnologías.

8.2.2 Coordinación entre participantes

El proyecto fue concertado con diferentes instituciones como alcaldías municipales, universidades (Universidad Nacional Abierta y a Distancia; Universidad Nacional de Colombia sede Palmira) y representantes del gremio hortofrutícola (ASOHOFrucol), lo cual se evidencia en los acuerdos de propiedad intelectual, de titularidad y en las cartas de participación y contrapartida anexas.

FUNDASURCO como ente articulador y líder del proyecto, coordinara la participación integral de las instituciones en los comités técnicos y directivos (creados para la operación del proyecto) y en el desarrollo y alcance de cada uno de los objetivos, los cuales se

conglomeran en la obtención de conocimiento para contribuir a la reducción de la incidencia de la infección de virus prevalentes en genotipos de tomate de árbol.

8.2.3 Papel que desempeñan en el proyecto y participación en actividades propuestas

Objetivo	Actividad (des) relacionada (s) a cada resultado y objetivo específico	Alcance de las actividades diligenciadas
Identificar la zonificación geográfica de virus prevalentes que afectan el cultivo del Tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i> .	1.1 Georreferenciar la ubicación actual de la enfermedad	Fundasurco coordinará la contratación del personal idóneo para la dirección y desarrollo de las actividades, acorde con la metodología propuesta. Los entes municipales (Sandona, Ipiales, Yacuanquer, Providencia, Buesaco y La Florida) participaran en las actividades informativas para identificar zonas o fincas productoras.
	1.2. Recolectar muestras vegetales de plantas con presencia de síntomas	Fundasurco llevará a cabo la aplicación de los protocolos establecidos para el desarrollo de esta actividad.
	1.3. Realizar modelación espacial de la distribución geográfica actual y potencial de la enfermedad	Fundasurco aplicara herramientas de GIS, tales como: cartografía y procesamiento digital de imágenes, programas de GIS, y análisis de datos para alcanzar el producto propuesto en este objetivo.
Caracterizar molecular y biológicamente los principales virus que afectan la sanidad del cultivo de tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>	2.1. Detectar molecularmente la virosfera prevalente que infectan el tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>	Fundasurco recibirá el servicio tecnológico y aplicara el diseño y métodos moleculares para el análisis de polimorfismo genético de patógenos asociados a la sanidad en plantas, así como, la obtención de ADN y amplificación y clonación.
	2.2. Identificar los virus prevalentes mediante secuenciación y análisis bioinformáticos de sus genomas	Las Universidades Nacional de Colombia y Nacional Abierta y a Distancia, aportaran con las instalaciones requeridas para el desarrollo de las actividades técnicas y con la asesoría por parte de sus docentes. Fundasurco realizará la operación y puesta a punto de las metodologías planteadas.

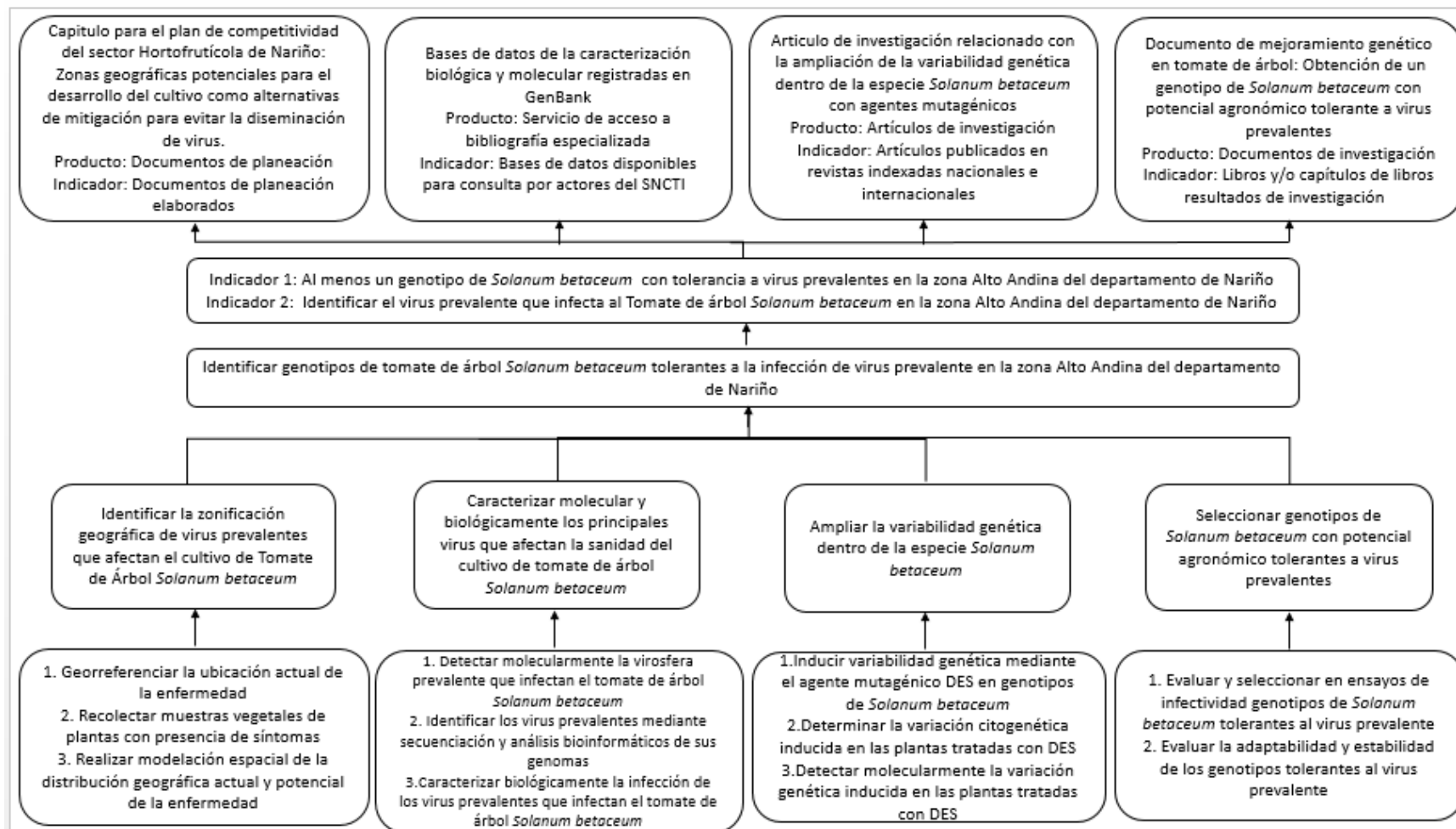
	2.3. Caracterizar biológicamente la infección de los virus prevalentes que infectan el tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i> .	Fundasurco identificará las empresas idóneas para realizar la secuenciación de las amplificaciones obtenidas y realizar la aplicación de análisis bioinformático para obtener los resultados de este objetivo.
Ampliar la variabilidad genética dentro de la especie <i>Solanum betaceum</i>	3.1. Inducir variabilidad genética mediante el agente mutagénico DES en genotipos de <i>Solanum betaceum</i>	La Universidades Nacional Abierta y a Distancia, aportaran con las instalaciones requeridas para el desarrollo de las actividades técnicas. Fundasurco realizará el montaje de los ensayos y evaluaciones planteadas, así como la recepción y aplicación del servicio tecnológico relacionado con el diseño y desarrollo metodológico para la obtención de mutagénesis.
	3.2. Determinar la variación citogenética inducida en las plantas tratadas con DES	
	3.3. Detectar molecularmente la variación genética inducida en las plantas tratadas con DES	
Seleccionar genotipos de <i>Solanum betaceum</i> con potencial agronómico tolerantes a virus prevalentes	4.1. Evaluar y seleccionar en ensayos de infectividad genotipos de <i>Solanum betaceum</i> tolerantes al virus prevalente	La Universidades Nacional Abierta y a Distancia, aportaran con las instalaciones requeridas para el desarrollo de las actividades técnicas.
	4.2. Evaluar la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos tolerantes al virus prevalente	Asohofrucol realizara la agrupación de las familias campesinas de la población objetivo con el fin de evaluar participativamente los ensayos establecidos en campo. Fundasurco obtendrá y aplicara el servicio tecnológico relacionado con la selección y análisis de resistencia en patógenos de plantas.

9. MATRIZ DE MARCO LOGICO

OBJETIVO GENERAL:		Identificar genotipos de tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i> tolerantes a la infección de virus prevalente en la zona Alto Andina del departamento de Nariño		INDICADOR MGA: Indicador 1: Al menos un genotipo de <i>Solanum betaceum</i> con tolerancia a virus prevalentes en la zona Alto Andina del departamento de Nariño Indicador 2: Identificar el virus prevalente que infecta al Tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i> en la zona Alto Andina del departamento de Nariño	FUENTE DE VERIFICACION: indicador 1: Informe escrito que describe los resultados originales de la obtención de un genotipo de <i>Solanum betaceum</i> con tolerancia al virus prevalente. Indicador 2: Publicación científica con la descripción de la virosfera que afecta al tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>
No. Obj	Objetivo	Producto según MGA y Nombre del Producto	Descripción del producto resultado(s) por objetivo específico	Indicador (es) o entregables por resultado	Actividad (des) relacionada (s) a cada resultado y objetivo específico
1	Identificar la zonificación geográfica de virus prevalentes que afectan el cultivo de Tomate de Árbol <i>Solanum betaceum</i>	Documentos de planeación	Zonas productoras de Tomate de Árbol caracterizadas agroecológicamente, que permitan identificar la distribución y movilidad de los virus prevalentes de este cultivo. Igualmente, establecer épocas de cultivo basadas en pronósticos climáticos lo que permitirá diseñar políticas de corto, mediano y largo plazo para hacer del cultivo un modelo productivo que permita general tecnologías y trazar políticas que redunden en el mejoramiento de la calidad de vida de los productores del departamento de Nariño.	Capitulo para el plan de competitividad del sector Hortofrutícola de Nariño: Zonas geográficas potenciales para el desarrollo del cultivo como alternativas de mitigación para evitar la diseminación de virus. Producto: Documentos de planeación Indicador: Documentos de planeación elaborados	1.1 Georreferenciar la ubicación actual de la enfermedad 1.2. Recolectar muestras vegetales de plantas con presencia de síntomas 1.3. Realizar modelación espacial de la distribución geográfica actual y potencial de la enfermedad

2	Caracterizar molecular y biológicamente los principales virus que afectan la sanidad del cultivo de tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>	Servicios de acceso a bibliografía especializada	Descriptores validados para los principales virus del Tomate de Árbol. Una metodología calibrada para la extracción y amplificación de ARN viral.	Bases de datos de la caracterización biológica y molecular registradas en GenBank Producto: Servicio de acceso a bibliografía especializada Indicador: Bases de datos disponibles para consulta por actores del SNCTI	2.1. Detectar molecularmente la virosfera prevalente que infectan el tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>
					2.2. Identificar los virus prevalentes mediante secuenciación y análisis bioinformáticos de sus genomas
					2.3. Caracterizar biológicamente la infección de los virus prevalentes que infectan el tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>
3	Ampliar la variabilidad genética dentro de la especie <i>Solanum betaceum</i>	Artículos de investigación	Genotipos con amplia base genética con algun grado de tolerancia a virus prevalentes del tomate de árbol	Artículo de investigación relacionado con la ampliación de la variabilidad genética dentro de la especie <i>Solanum betaceum</i> con agentes mutagénicos Producto: Artículos de investigación Indicador: Artículos publicados en revistas indexadas nacionales e internacionales	3.1. Inducir variabilidad genética mediante el agente mutagénico DES en genotipos de <i>Solanum betaceum</i>
					3.2. Determinar la variación citogenética inducida en las plantas tratadas con DES
					3.3. Detectar molecularmente la variación genética inducida en las plantas tratadas con DES
4	Seleccionar genotipos de <i>Solanum betaceum</i> con potencial agronómico tolerantes a virus prevalentes	Documentos de investigación	Genotipos con algun grado de tolerancia a los principales virus que afectan los Cultivos de Tomate de Árbol, seleccionados a partir de evaluaciones invitro, invernadero y campo, y una colección de germoplasma disponible para futuras investigaciones.	Documento de mejoramiento genético en tomate de árbol: Obtención de un genotipo de <i>Solanum betaceum</i> con potencial agronómico tolerante a virus prevalentes Producto: Documentos de investigación Indicador: Libros y/o capítulos de libros resultados de investigación	4.1. Evaluar y seleccionar en ensayos de infectividad genotipos de <i>Solanum betaceum</i> tolerantes a virus prevalentes
					4.2. Evaluar la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos tolerantes al virus prevalente

10. ARBOL DE OBJETIVOS DEL PROGRAMA Y/O PROYECTO



10.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar genotipos de tomate de árbol *Solanum betaceum* tolerantes a la infección de virus prevalente en la zona Alto Andina del departamento de Nariño.

10.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.** Identificar la zonificación geográfica de virus prevalentes que afectan el cultivo del tomate de árbol *Solanum betaceum*.
- 2.** Caracterizar molecular y biológicamente los principales virus que afectan la sanidad del cultivo de tomate de árbol *Solanum betaceum*.
- 3.** Ampliar la variabilidad genética dentro de la especie *Solanum betaceum*.
- 4.** Seleccionar genotipos de *Solanum betaceum* con potencial agronómico tolerantes a virus prevalentes

11. LOCALIZACIÓN, ZONAS DE IMPACTO Y POBLACIÓN OBJETIVO

Localización objetivo 1.

Las actividades concernientes al objetivo 1 se desarrollaran en 6 municipios productores de tomate de árbol del departamento de Nariño, como se encuentran reportados en el Consolidado Agropecuario de Nariño 2017. Tal como se describe en la “**Tabla 1. Información geográfica de los municipios que se muestrearán para la determinación de la distribución geográfica de virus prevalentes de tomate de árbol en la región Andina del departamento de Nariño**”.

Localización objetivo 2.

Las actividades del objetivo 2 se desarrollaran acorde a las necesidades metodológicas, de la siguiente manera: 1. Registro de signos, síntomas y variables fenotípicas en cultivos afectados por el virus en los municipios de La Florida, Yacuanquer, Providencia, Ipiales, Sandona y Buesaco. 2. Actividades de laboratorio en las instalaciones de La Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y Universidad Nacional Abierta y a Distancia sede Pasto.

Localización objetivo 3.

Las actividades del objetivo 3 se desarrollaran en las instalaciones de La Universidad Nacional Abierta y a Distancia sede Pasto.

Localización Objetivo 4.

Las actividades del objetivo 4 se desarrollaran acorde a las necesidades metodológicas, de la siguiente manera: 1. La primera fase se establecerá en condiciones controladas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia sede Pasto. 2. La segunda fase se establecerán ensayos experimentales en los municipios de La Florida, Yacuanquer, Providencia, Ipiales, Sandona y Buesaco para la evaluación de estabilidad y adaptabilidad.

Nota: la elección de los municipios beneficiarios del proyecto para la ejecución de las actividades se realizó por ser zonas productoras sobresalientes en el cultivo de tomate de árbol, por estar ubicadas en diferentes subregiones del departamento de Nariño, por estar situadas estratégicamente con respecto a su altitud, clima, desplazamientos y facilidad de acceso para realizar lo descrito en la metodología.

Las ubicaciones de las zonas incluidas dentro del proyecto se describen a continuación:

MUNICIPIO	Extensión (km ²)	Altura (msnm)	T° Promedio
SANDONA (Subregión Occidente)	97	1817	20
LA FLORIDA (Subregión Centro)	143	2118	17
YACUANQUER (Subregión Sabana)	115	2700	11
PROVIDENCIA (Subregión Los Abades)	42	2300	15
BUESACO (Subregión Juanambú)	682	1950	18
IPIALES (Subregión Obando)	1707	2892	12

Fuente: municipios.com.co

11.1 Descripción del cálculo de la población objetivo

La población objetivo corresponde a 540 productores de los seis municipios donde interviene el proyecto (La Florida, Yacuanquer, Providencia, Ipiales, Sandona y Buesaco) y fueron cuantificados como se describe en el siguiente cuadro. Esta población se beneficiará con las actividades de socialización a través de las metodologías de diálogos de saberes, escuelas de campo y evaluaciones participativas. La selección de las personas que participaran en estas acciones se realizara mediante convocatoria a través de las unidades de asistencia técnica municipal – UMATA, o Secretarías de Agricultura, utilizando diferentes medios de divulgación, como emisoras locales, perifoneo, publicación de afiches en sitios estratégicos para que los interesados realicen su inscripción en la entidad territorial hasta completar el cupo. Se les dará prioridad a productores que participaron en la última evaluación agropecuaria que realizó el municipio, asociados, mujeres rurales, jóvenes rurales y estudiantes de últimos grados de instituciones educativas agropecuarias.

CALCULO DE BENEFICIARIOS				
OBJETIVO	ACTIVIDAD	COMUNIDADES	FAMILIAS	INDIVIDUOS
1	1.1 Georreferenciar la ubicación actual de la enfermedad	A	30	120
	1.2. Recolectar muestras vegetales de plantas con presencia de síntomas			
	1.3. Realizar modelación espacial de la distribución geográfica actual y potencial de la enfermedad			
2	2.1. Caracterizar molecularmente los virus prevalentes que infectan el tomate de árbol.	A	30	120
	2.2. Identificar los virus prevalentes mediante las secuencias de RT-PCR			
	2.3. Caracterizar biológicamente la interacción e infección de los virus prevalentes que infectan el tomate de árbol.			
3	3.1. Inducir variabilidad genética mediante el agente mutagénico DES en genotipos de <i>Solanum betaceum</i>	B	--	180
	3.2. Determinar la variación citogenética inducida en las plantas tratadas con DES			
	3.3. Detectar molecularmente la variación genética inducida en las plantas tratadas con DES			
4	4.1. Evaluar y seleccionar en ensayos de infectividad genotipos de <i>Solanum betaceum</i> tolerantes al virus de mayor incidencia	A	30	120
	4.2. Evaluar la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos tolerantes al virus de mayor incidencia			
TOTAL		2		540
Comunidad A: comunidad campesina; Comunidad B: comunidad científica				

Fuente: elaboración propia

11.2 Descripción del cálculo de la población afectada

La población afectada corresponde a 763 productores de tomate de árbol reportados en el Consolidado Agropecuario 2017 del departamento de Nariño.

12. METODOLOGIA

12.1 OBJETIVO 1. IDENTIFICAR LA ZONIFICACIÓN GEOGRÁFICA DE VIRUS PREVALENTES QUE AFECTAN EL CULTIVO DEL TOMATE DE ÁRBOL *Solanum betaceum*.

Bien o Servicio Objetivo 1: Capitulo para el plan de competitividad del sector Hortofrutícola de Nariño: Zonas geográficas potenciales para el desarrollo del cultivo como alternativas de mitigación para evitar la diseminación de virus.

Producto: Documentos de planeación

Indicador: Documentos de planeación elaborados

12.2.1 Georreferenciar la ubicación actual de la enfermedad

Este trabajo se realizará en seis municipios productores de tomate de árbol (Sandona, Yacuanquer, La Florida, Buesaco, Providencia e Ipiales), los cuales se encuentran ubicados en la zona Andina del departamento de Nariño. Esto con el fin de realizar modelación espacial actual y potencial de la enfermedad en el departamento y obtener información que permita entender la diseminación de los virus con las condiciones climáticas en las diferentes zonas. En la Tabla 1, aparece información geográfica de los municipios del departamento de Nariño, que se muestrearan para establecer la distribución geográfica del virus de la mancha aceitosa.

Tabla 1. Información geográfica de los municipios que se muestrearán para la determinación de la distribución geográfica de la mancha aceitosa del tomate de árbol en la región Andina del departamento de Nariño.

Municipio	Rango Latitudinal (LN)	Rango Longitudinal (LO)
Buesaco	1.4463 - 1.2097	77.2213 - 76.9871
Ipiales	0.9008 - 0.3752	77.5526 - 77.0992
La Florida	1.4189 - 1.3068	77.2935 - 77.4355
Providencia	1.3068 - 1.1748	77.5950 - 77.5700
Sandona	1.3641 - 1.2420	77.4555 - 77.3733
Yacuanquer	1.1971 - 1.0552	77.3757 - 77.4330

Para identificar la distribución geográfica de la enfermedad, se realizarán recorridos dentro de los municipios mencionados, visitando cultivos comerciales de tomate de árbol de la región, con el fin de identificar en campo, la presencia o ausencia de virosis en las plantas evaluadas.

De acuerdo con la metodología propuesta por Anderson *et al.* (2003), cada sitio donde se encuentre una o varias plantas con síntomas de la enfermedad, se georreferenciara con GPS datum wsg_1984 y se registrara coordenadas e información relacionada con datos de pasaporte como: municipio, latitud, longitud, altitud y fuente de recolección.

12.2.2. Recolectar muestras vegetales de plantas con presencia de síntomas

Las zonas muestreadas se ubicarán en tres diferentes altitudes: zona alta a más de 2400 msnm, zona media entre 1600 a 2400 msnm y zona baja en cultivos localizados entre 1400 a 1600 msnm. En cada altitud, se definirá un tamaño de muestra con base en las hectáreas de tomate sembradas en los municipios mencionados en la anterior actividad. Esta actividad se realizara de manera paralela al objetivo No. 2, tal como se presenta en el cronograma, dado que las muestras recolectadas serán la materia prima de este objetivo.

Para el cálculo de tamaño de muestra, se considerará un universo finito y se aplicará la fórmula propuesta por Murray y Larry (2005) con una población acorde con el número de hectáreas:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

N = total de la población (depende de la información primaria o secundaria respecto al número de hectáreas sembradas).

Z α = 2,576 (si la seguridad es del 99%)

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0,05)

q = 1 - p (en este caso 1 - 0.05 = 0.95)

d = margen de error (para la investigación un 0,01%).

Para la recolección de muestras se seleccionarán predios de forma aleatoria hasta completar el número de hectáreas necesarias para completar el área en cada municipio; cada hectárea se dividirá en cuatro partes y de cada cuarto se tomaran brotes jóvenes de la parte apical de 10 plantas. La recolección de la muestra se hará siguiendo un camino en forma de Z (Pabón, *et al.* 2009).

Para el transporte de las muestras hasta el laboratorio de biología de molecular, el cual se ubica en las instalaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD Pasto y se dotara con equipos especializados para el almacenamiento, refrigeración y conservación de material vegetal infectado por virosis, los cuales requieren de condiciones especiales de temperatura y se encuentran referenciados en el rubro equipos y software del presupuesto detallado.

Se colocará el material vegetal en bolsas de papel y serán debidamente identificadas. Para evitar que haya agua libre dentro de la bolsa, se utilizaran toallas de papel para envolver la muestra. Se evitará manipular excesivamente las muestras o exponerlas al sol y serán colocadas en neveras de icopor refrigeradas con hielo seco, hasta llevarlas a almacenamiento en neveras a -70°C o su almacenamiento en silica gel a temperatura ambiente.

12.2.3 Realizar modelación espacial de la distribución geográfica actual y potencial de la enfermedad

La información obtenida acorde con el ítem 1 y 2 del presente objetivo, se organizará en una base de datos en Excel y mediante la metodología de Scheldeman y Zonneveld (2011) se realizará el análisis espacial de frecuencia de la enfermedad por municipio, empleando como unidad de frecuencia el número de sitios donde se encuentren o se visualicen síntomas del virus utilizando el software ArcGis 10.

Los datos de georreferenciación se exportarán en formato .CSV, para ser relacionados con variables bioclimáticas que se obtendrán del software BioClim (Hijmans *et al.*, 2005) en el programa MaxEnt 3.3.3k (Phillips *et al.*, 2006).

El software BIOCLIM (Nix, 1986) facilita la información de los parámetros bioclimáticos, derivados de la temperatura mensual, valores de precipitación y de elevación de Sudamérica (Hijmans *et al.*, 2005), con el fin de generar las variables más significativas para la distribución de especies vivas (Tabla 2). Este programa utiliza un algoritmo para predecir la distribución potencial de las especies, el cual se basa en los intervalos de los valores obtenidos para cada cobertura ecológica electrónica con base en los observados, que se obtienen a partir de los puntos de recolecta conocidos del organismo objeto de estudio. El método considera a cada variable como independiente, de tal manera que ignora las correlaciones entre variables (Navarro *et al.*, 2003); sin embargo, BIOCLIM representa una opción importante en el desarrollo tecnológico y conceptual del modelaje bioclimático, como se ha demostrado recientemente (Téllez y Dávila, 2003).

El programa MaxEnt 3.3.3k permite modelar por algoritmos la distribución potencial de la enfermedad. En general, este algoritmo detecta las relaciones no aleatorias entre los registros de georreferenciación de los sitios donde se encuentren o se visualicen síntomas de la enfermedad con el conjunto de coberturas tipo *raster* de datos digitales que representan las variables bioclimáticas potencialmente pertinentes para determinar la distribución de las enfermedades (Pearson y Dawson, 2003).

Mediante la relación de los datos de georreferenciación y las variables bioclimáticas, MaxEnt al interior del programa, construye un modelo de distribución potencial, empleando el 75% de los registros como puntos de entrenamiento y el 25% como puntos de validación. En este caso, se utilizará un umbral de convergencia de 10^{-5} con 1000 iteraciones como límite superior. Para estimar la capacidad de predicción del modelo, se analizará el área bajo la curva (AUC), salida gráfica donde se observa la capacidad de discriminación de una presencia versus la capacidad de discriminación de una ausencia (Phillips y Dudik, 2008).

Se utilizará la prueba de Jackknife para calcular la contribución relativa de cada variable al modelo. Esta información, es de suma importancia para evidenciar los requerimientos ecológicos de la enfermedad, y que probablemente determinen el área de distribución potencial propia para la misma. Ambos análisis, el AUC y la prueba de Jackknife están implementados en MaxEnt.

Tabla 2. Parámetros utilizados por el programa BIOCLIM.

VARIABLES	Descripción de la variable
BIO1	Temperatura promedio anual (°C)
BIO2.	Temperatura media diurna (media mensual de maxtemp – mintemp) (°C)
BIO4.	Temperatura (desviación estándar*100) (°C)
BIO5.	Temperatura máxima del mes caliente (°C)
BIO6.	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
BIO7.	Amplitud térmica anual (BIO5-BIO6) (°C)
BIO8.	Temperatura media del trimestre más húmedo (°C)
BIO9.	Temperatura media del trimestre más seco (°C)
BIO10.	Temperatura media del trimestre más cálido (°C)
BIO11.	Temperatura media del trimestre más frío (°C)
BIO12.	Precipitación anual (mm)
BIO13.	Precipitación del mes más lluvioso (mm)
BIO14.	Precipitación del mes más seco (mm)
BIO16.	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)
BIO17.	Precipitación del trimestre más seco (mm)
BIO18.	Precipitación del cuarto más cálido (mm)
BIO19.	Precipitación del trimestre más frío (mm)

Posteriormente, los archivos de modelación de máxima entropía serán exportados a un SIG para ser examinados. El programa empleado será Diva Gis Versión 7,5 (Robert *et al.*, 2009), el cual permite ver de forma gráfica el modelo de la distribución potencial de la enfermedad en términos de probabilidad. Por lo tanto, se genera un mapa de consenso con los valores de píxel de 60 a 100 donde el color rojo representa las áreas que predicen la presencia de la especie en un 90 a 100%, mientras que las zonas donde no presentan ninguna presencia corresponderán a áreas que predicen su ausencia.

Además, se realizará un Análisis de Componentes Principales (ACP) para determinar las relaciones que puedan existir entre la variación climática y la variación en la distribución geográfica de la enfermedad. Con base en el ACP, se agruparon las zonas climáticas empleando como criterio de clasificación el método de Ward. El procedimiento se hará mediante la utilización del software Spad 3,5.

Se contratará un servicio de elaboración de documentos de línea base, con información topográfica, cartográfica y geográfica de las zonas que se estudiarán en el proyecto, los cuales resultarán de los estudios de caracterización y clasificación de suelos, zonificación del departamento de Nariño y características geográficas.

La Cartografía básica en formato digital se obtendrá mediante la adquisición de servicios tecnológicos que serán contratados para el desarrollo de la zonificación y modelación de resultados (Hoja a escala 1:2000, 1:10000 y 1:25000 en formato de cobertura arcinfo, SHP p Geodatabase, Capas de información cartográfica en formato digital , mapas departamentales y aerofotografía digital con cámara análoga, ya que no se cuenta con los equipos y programas requeridos para el procesamiento de esta información.

12.2.4 Protección y divulgación: dentro de esta actividad se incluye la socialización de resultados en eventos científicos como congresos o seminarios y la socialización de resultados parciales y finales con profesionales y operarios del proyecto y agricultores a través de la metodología de escuela de campo.

- **Participación o asistencia en seminario o congreso:** La participación a este tipo de eventos se realiza para dar a conocer a la comunidad científica, académica y otros las experiencias y los resultados obtenidos en el desarrollo de las actividades de este objetivo. La participación se puede realizar mediante una presentación oral o por la publicación de Poster, para lo cual se requiere de su impresión y diseño. Esta alternativa constituye una estrategia de divulgación de resultados del proyecto, intercambio de conocimientos sobre el cultivo del tomate de árbol.

Descripción: Participación o asistencia en seminario/congreso en tecnologías de la información geográfica

Intensidad Horaria (Duración): 28 horas durante 7 días

Cantidad: 3

Lugar: España

Número de personas: 2

Personas a quien está dirigida: Equipo de trabajo contratado para el desarrollo del objetivo 1 (Magister entre 1 y 5 años de experiencia laboral como Coordinador de Objetivo; Un profesional con 1 y hasta 5 años de experiencia laboral como Ingeniero Agrónomo, Agroforestal, ambiental o geógrafo y/o un tecnólogo con 1 y hasta 5 años de experiencia laboral en áreas relacionadas con ciencias agrarias o ambientales).

Temas: Sistemas de Información geográfica aplicadas a la agricultura, modelación, distribución geográfica.

- **Socialización inicial, parcial y final a través de metodologías de Escuelas de campo para agricultores (ECAs)**

Cantidad e Intensidad Horaria (Duración): se realizarán 5 ECAs, en cada uno de los municipios beneficiarios, de 8 horas de duración cada una para un total de 48 horas.

Lugar: Municipios beneficiarios (Yacuanquer, Ipiales, La Florida, Sandona, Providencia y Buesaco)

Número de personas: 20 personas durante cada jornada en cada uno de los municipios beneficiarios, para un total de 120 personas.

Perfil de los capacitadores: Equipo de trabajo contratado para el desarrollo del objetivo 1 (Magister entre 1 y 5 años de experiencia laboral como Coordinador de Objetivo; Un profesional con 1 y hasta 5 años de experiencia laboral como Ingeniero Agrónomo, Agroforestal, ambiental o geógrafo y un tecnólogo con 1 y hasta 5 años de experiencia laboral en áreas relacionadas con ciencias agrarias o ambientales).

Personas a quien está dirigida: productores que participaron en la última evaluación agropecuaria que realizó el municipio, asociados, mujeres rurales, jóvenes rurales y estudiantes de últimos grados de instituciones educativas agropecuarias.

Justificación de la metodología de la socialización: El papel fundamental de las ECAs es facilitar la comprensión de nuevo conocimiento a través de metodologías participativas y modelos de comunicación. Las ECAs son entendidas como un proceso de comprensión e intervención de las relaciones entre tecnociencia y sociedad, construido a partir de la participación activa de los diversos grupos sociales que participan. Este proceso tiene las siguientes características: Es organizado e intencionado, posibilita el empoderamiento de la sociedad a partir del conocimiento, implica inclusive en las relaciones más asimétricas, traducción y ensamblaje dentro de los marcos de referencia de los grupos participantes.

Contenidos y metodología: Una vez se obtenga la información de los grupos representativos de cada municipio y organizaciones asociadas además de reconocer cuales son las habilidades de aprendizaje de estos grupos se implementarán la formación de ECAs (Escuelas de Campo para Agricultores) recomendadas por la FAO.

Las socializaciones en adopción de la metodología ECA como método de difusión con comunidades surge de la necesidad de un desarrollo sostenible, que articule la academia y sus investigaciones con la sociedad y sus problemas, identificando también los procesos en las empresas privadas, las cuales influyen negativa o positivamente en el fortalecimiento de los procesos comunitarios.

Una ECA se desarrolla a través de los siguientes pasos:

1. Selección de la comunidad y los participantes: Para la selección de la comunidad para el establecimiento de una ECA se debe tomar en cuenta algunos criterios:

- En primer lugar debe ubicarse en un lugar accesible, que no esté lejos de los participantes y que la mayoría de las familias de la comunidad cultive tomate de árbol en que se desarrollará la ECA.
- Considerar el potencial productivo de las comunidades.
- En lo posible se debe seleccionar comunidades con cierto grado de organización esto puede ayudar en la formación de una ECA.
- Considerar la concentración de la población en las zonas del entorno, evitar lugares aislados o distantes.

Seleccionada la comunidad se realiza una reunión con los líderes comunales a quienes se les explica los objetivos de la ECA y lo que se persigue con la metodología. Esta reunión es importante para comenzar a despertar el interés por parte de los participantes. Los líderes apoyan al facilitador de la ECA en la convocatoria y en la selección del lugar donde se desarrollará el evento de promoción, proponiéndose una fecha para su realización.

Promoción de la ECA en la comunidad: El propósito de reunión de promoción se prepara una agenda con los puntos que se tratarán estimular y despertar el interés de la comunidad por participar. La agenda propuesta es la siguiente:

- Presentación de las personas asistentes
- Introducción a la reunión por una persona con liderazgo en la comunidad

- Objetivo de la ECA
- ¿Qué es una ECA?
- ¿Que se pretende con el desarrollo de la ECA?
- ¿Cómo se desarrolla la ECA?
- Participantes, número, requisitos y perfil de la personas participantes
- Preguntas y respuestas

Al final de la reunión se sondea y registra la nómina de personas con interés de la comunidad en participar en el desarrollo de la ECA.

2. Selección del lugar donde se establecerá la ECA: El lugar designado para la ECA debe contar con un área sombreada para el desarrollo de las actividades.

Requisitos para elegir el lugar donde se establecerá la ECA:

- Accesibilidad del lugar
- Compromiso de disponer de tierra para la ECA
- El terreno de la ECA debe de ser representativo de la zona
- Ofrecer lugar para protección de la lluvia
- Acceso servicios sanitario, agua
- Con un lugar para las reuniones grupales

3. Elaboración de la currícula de la ECA: Constituye una de las actividades más importantes a realizar para la planificación de una ECA, ya que permite proyectar la jornada a realizar con el grupo.

4. Organización de la ECA: Dentro de la ECA es necesaria la creación de un grupo de apoyo a la facilitación, que es elegido por el resto de participantes de la ECA y está formado entre 4 a 5 personas. El grupo apoyará con:

- La preparación de dinámicas de grupo
- Hacer cumplir las normas de la escuela de campo
- Tomar asistencia
- Retroalimentar al grupo cumpla las normas de convivencia
- Velar por la limpieza del lugar.
- Coordinar con el resto de participantes las herramientas que se necesitan para las actividades de la parcela de aprendizaje
- Conformación de subgrupos de trabajo

Adicionalmente es pertinente realizar las siguientes consideraciones:

¿Cómo se garantiza la participación de todos los productores en las sesiones?: Se garantiza la participación de los productores invitando a agricultores que cuenten con una trazabilidad dentro de Asohofrucol donde se evidencie el gusto de participar en este tipo de proyectos, posteriormente se diligenciara un Acuerdo de Corresponsabilidad entre el productor y Asohofrucol, en el cual se especifican los compromisos que adquiere el productor con Asohofrucol para participar en las actividades de socialización del proyecto,

además todos los agricultores son motivados en todas las oportunidades en donde se tenga contacto con ellos, teniendo en cuenta las habilidades de cada uno y el entorno de los mismos.

¿Qué temas se tratarán en cada sesión práctica, teniendo en cuenta que al comienzo la información es de laboratorio?: Para determinar la temática a trabajar, de forma adicional a que los productores interioricen y comprendan los fundamentos y la utilidad de los protocolos o metodologías aplicadas en el proyecto, se debe realizar un diagnóstico que permita analizar cómo están en temas sociales, empresariales y en la parte técnica acompañado de una prueba de caja inicial en estos temas. De esta forma se completará la temática de las actividades desarrolladas en el proyecto con temas complementarios a tratar durante el año en que se desarrolle esta actividad.

¿Los productores están asociados?: Los productores en algunos casos están asociados y en otros son grupos sin legalizar los cuales, de forma paralela al proyecto como actividad misional de Asohofrucol no contemplada en este proyecto son acompañados hasta la legalización. No obstante son productores afiliados al gremio.

¿Cómo se establecen compromisos?: Mediante Acuerdo de Corresponsabilidad entre el productor y Asohofrucol.

- Reuniones de socialización inicial y parcial con profesionales, asesores, agricultores y operarios del proyecto en metodologías, protocolos y avances de la investigación: se propone para actualizar a los diferentes participantes en metodologías de extensión rural eficiente y de esta manera generar espacios de aprendizaje sobre el papel de este tipo de metodologías participativas para poder aplicar y orientar conocimientos técnicos en los procesos de socialización con la comunidad beneficiaria.

Descripción: Reuniones de socialización con equipo de trabajo

Intensidad Horaria (Duración): 15 días de 8 horas de duración para un total de 120 horas.

Cantidad: 15

Lugar: Pasto

Número de personas: 20

Personas a quien está dirigida: Equipo de trabajo contratado del proyecto, asesores y agricultores.

Temas: Metodologías, protocolos y avances de la investigación

Contenidos y metodología: El mismo se subdivide en tres secciones, la primera se refiere a los fundamentos teóricos que sustentan la investigación. La segunda sección consiste en la concepción y estrategia metodológica asumida para el desarrollo del proyecto. La tercera parte se presenta las metodologías y protocolos implementados durante las jornadas de socialización que se desarrollaran en el transcurso del proyecto.

12.3 OBJETIVO 2. CARACTERIZAR MOLECULAR Y BIOLÓGICAMENTE LOS PRINCIPALES VIRUS QUE AFECTAN LA SANIDAD DEL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL *Solanum betaceum*.

Bien o Servicio Objetivo 2: Bases de datos de la caracterización biológica y molecular registrada en GenBank

Producto: Servicio de acceso a bibliografía especializada

Indicador: Bases de datos disponibles para consulta por actores del SNCTI

El presente objetivo se desarrollará en el laboratorio de biología molecular ubicado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD Pasto y se dotará con equipos especializados requeridos en la extracción, amplificación y análisis de los ácidos nucleicos obtenidos de las virosis encontradas, por ejemplo: centrifugas refrigeradas, termocicladores y analizadores de visualización de bandas, entre otros. Estos equipos se encuentran referenciados en el rubro equipos y software del presupuesto detallado. Además, parte de las actividades que se desarrollaran en laboratorio, se llevaran a cabo en el laboratorio de Virología molecular de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, el cual cuenta con equipos especializados para este fin.

12.3.1 Detectar molecularmente la virosfera prevalente que infectan el tomate de árbol *Solanum betaceum*

12.3.1.1 Diseñar Oligos específicos: A partir de los datos reportados en la literatura y en la base de datos Genbank, se diseñarán oligos para amplificar algunos de los siguientes géneros virales: Cucumovirus, Polerovirus, Potyvirus, Begomovirus, Potexvirus, Alfamovirus, Nepovirus, Tospovirus, Nepovirus y Tobamovirus. Adicionalmente, se diseñarán oligos para virus específicos, ya reportados, que afectan tomate de árbol en Colombia: Virus del enrollamiento de la hoja de papa (Potato leafroll virus, PLRV), Tamarillo leaf malformation virus (TaLMV), Virus del mosaico del pepino (CMV) y Virus Y de la papa (PVY). Para el diseño de los oligos se utilizará el software CLC Genomics Workbench, teniendo en cuenta los genes que codifican las proteínas más importantes de cada virus, como la proteína de la cápsida (CP), de movimiento (MP) o las replicasas. Las secuencias se enviarán a sintetizar a un proveedor nacional.

12.3.1.2 Extraer ácidos nucleicos y amplificación mediante RT-PCR

Los RNA virales se extraerán a partir de las muestras colectadas en la actividad **“Recolectar muestras vegetales de plantas con presencia de síntomas”** del objetivo No 1. En aquellos casos donde la reacción sea positiva, se regresará al lugar de la colecta para la recolección de signos, síntomas y variables fenotípicas en el cultivo. Una vez recolectada la muestra, se empleará el reactivo comercial TRIZOL (Life Technologies, USA) siguiendo las instrucciones del fabricante. Como primer paso, se macerará el material vegetal infectado con la ayuda de nitrógeno líquido, el cual evita la formación de compuestos fenólicos que a posteriori, pueden inhibir las reacciones de RT-PCR. Una vez contemos con el tejido macerado, se homogeneizarán con la ayuda de un vortex, aproximadamente 50 mg de material vegetal infectado con 0,5 ml de TRIZOL. Éste homogeneizado se centrifugará a

12.000 r.p.m. durante 10 min a 4° C y se procederá a recoger la fase acuosa a la cual se le añade 0,1 ml de cloroformo. A continuación, la fase acuosa se separa por centrifugación a 12.000 r.p.m. durante 15 min y el RNA se precipitará con 125 µl de isopropanol y 125 µl de 1,2 M NaCl. Tras una centrifugación a 12.000 r.p.m. durante 15 min a 4° C. Por último, se realizará un lavado con etanol al 75 %, el RNA se suspenderá en 50 µl de H₂O tratada con dietil pirocarbonato (DEPC). Los purificados de ácidos nucleico se conservarán a - 80°C hasta su uso.

Para los virus de ADN, se utilizará para la extracción el DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen) siguiendo las instrucciones del proveedor.

Para determinar la calidad y cantidad de ácidos nucleicos purificados se observarán en geles de agarosa al 1% mediante la técnica de electroforesis en buffer TAE (40 mM Tris-acetato, 1 mM EDTA, pH: 8.0) y se visualizarán mediante tinción con GeLRed.

12.3.1.4 Amplificación de ácidos nucleicos y secuenciación.

A partir de RNA purificado se sintetizará los cDNAs empleando la transcriptasa reversa con el RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo scientific) y 10 pmol de los oligos dT / hexámeros al azar. Posteriormente, se añadirán 2 µl de la extracción en un volumen final de 20 µl. Ésta mezcla de reacción se incubará a 42° C durante 50 min. A continuación, la enzima se inactivará mediante desnaturalización a 65° C durante 5 min. A partir del cDNA previamente sintetizado o del DNA genómico purificado se realizara la reacción de PCR empleando 5 µl de cDNA (Retrotranscripción) o 2µl de DNA total, respectivamente, en un volumen final de 50 µl de reacción con la enzima Taq DNA polimerasa y 50 pmol de las parejas de oligos diseñados a partir de las secuencias publicadas en el GenBank para los diferentes virus reportados que afectan tomate de árbol descritos en el ítem anterior. La mezcla de reacción de PCR se preparará siguiendo las instrucciones del fabricante y se someterá a condiciones de termociclado acordes a los perfiles de temperatura requeridos por cada uno de los oligos diseñados. Los productos de PCR se someterán a electroforesis en geles de agarosa al 1% en buffer TAE (40 mM Tris-acetato, 1 mM EDTA, pH: 8.0) y se visualizarán mediante tinción con GeLRed.

Los amplicones obtenidos serán secuenciados. Para esto, los amplicones de tamaño esperado para cada virus se purificarán empleando el kit Wizard® DNA Clean up system (Promega) y serán clonados en el vector de clonación pGEM®-T (Promega) mediante ligación con el enzima T4 DNA ligasa (Thermo Científica, USA), utilizando una relación de concentración 3:1 (inserto: vector), 5 µl del tampón 2x de ligación, 3 unidades de T4 DNA ligasa, ajustándose hasta un volumen final de 20 µl con agua HPLC estéril. La mezcla de ligación se incubará 1 h a temperatura ambiente y se dejará a 4 °C toda la noche. Posteriormente se almacenará a -20 °C hasta su uso. Con la mezcla de ligación se transformarán células competente de *Escherichia coli* (cepa DH5'α) mediante choque térmico. Para ello, se mezclará 50 µl de células competentes de *E. coli* con 3 µl de la mezcla de ligación. La mezcla se someterá a un choque térmico, el cual consiste en la incubación de la mezcla en hielo durante 20 minutos, seguida de la incubación de la mezcla en baño maría durante 2 min y finalmente se pondrá la mezcla en hielo durante 5 min. Las

células serán recuperadas en 500 µl de medio LB líquido (1% triptona, 0,5% extracto de levadura y 1% NaCl) y se pondrán en agitación a 200 r.p.m. y 37 °C durante 1 h. Pasado este tiempo, el cultivo celular será centrifugado a 3.000 r.p.m. durante 3 min, desechándose unos 400 µl de sobrenadante. A continuación, las células se resuspenderán en aproximadamente 100 µl del medio y se sembrarán en una placa Petri con LB sólido suplementado con el antibiótico al que presenta resistencia el vector (plásmido) introducido. Esto con el fin de seleccionar las colonias transformadas, las cuales son capaces de crecer a partir de células transformadas con el plásmido conteniendo el inserto. Las placas se incubarán a 37 °C durante unas 12 h, se subcultivarán 3 colonias individualmente en 5 ml de LB líquido suplementado con el antibiótico requerido y se incubarán en agitación a 200 r.p.m. durante 12 h a 37°C. Los plásmidos multiplicados se purificarán a partir de las células de los cultivos bacterianos de *E. coli* con el kit comercial QIAprep Spin Miniprep (Qiagen, Alemania) siguiendo las recomendaciones del fabricante.

La secuenciación de los productos virales clonados en el vector pGEM se realizará con un proveedor mediante la técnica de Sanger que utiliza el método fluorescente del kit de secuenciación enzimática The Big Dye Terminator DNA (Perkin – Elmer Inc., Branchburg, NJ) y un secuenciador ABI Prisma 377 (Applied Biosystem Inc. Foster City, CA), utilizando las secuencias flanqueantes del plásmido para el diseño de los oligos que se utilizarán para la secuenciación.

12.3.2 Identificar los virus prevalentes mediante secuenciación y análisis bioinformáticos de sus genomas.

Las secuencias obtenidas en la actividad anterior se ensamblarán y editarán en el software CLC Genomics Workbench y se alinearán con el algoritmo CLUSTAL W (Larkin y col., 2007). La identidad viral de los aislados en investigación se determinará por comparación de secuencias en el algoritmo BLASTN disponible en la página web del National Center for Biotechnology Information (www.ncbi.nlm.nih.gov). La media de cambios no sinónimos por posición no sinónima (N) y la de cambios sinónimos por posición sinónima (S) en cada Marco de Lectura Abierto (ORF, por sus siglas en inglés) se calculará con el método de Pamilo-Bianchi-Li (Pamilo y Bianchi, 1993) implementado en el programa MEGA ® (Tamura y col., 2013). Las estructuras secundarias de RNA se predecirán usando el programa MFOLD (Zuker, 2003). Las relaciones de parentesco y geográficas entre los virus aislados en la investigación y otros reportados en el GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov) se establecerán mediante el modelo de sustitución nucleotídica de Kimura 2-parámetros (K2P) (Kimura, 1980). Este modelo se utilizará para calcular las distancias nucleotídicas entre aislados y para inferir los árboles filogenéticos que se obtendrán usando los métodos de Máxima Verisimilitud (Maximun Likelihood, ML) y del vecino más próximo (Neighbour Joining, NJ) con 1.000 réplicas de bootstrap (Saitou y Nei, 1987). Los análisis filogenéticos Bayesianos se realizarán con el programa BEAST v.1.8.2 (Drummond y Rambaut, 2007) siguiendo el modelo GTR + Γ 4 + I. Los cálculos se realizarán usando un modelo de reloj exponencial no correlacionado relajado con una distribución exponencial. El análisis de agrupamiento se realizará por el método UPGMA para secuencias de nucleótidos (método gráfico de agrupamiento por parejas, que usa el promedio aritmético no ponderado). Los esquemas de identidad se realizarán a través del

programa Sequence Demarcation Tool Versión 1.2 (SDTv1.2) y el software CLC Genomics Workbench.

12.3.3 Caracterizar biológicamente la infección de los virus prevalentes que infectan el tomate de árbol *Solanum betaceum*.

12.3.3.1 Aislados virales y material vegetal: Para el desarrollo de esta subactividad, se utilizarán al menos dos de los virus de mayor frecuencia, tomando como base al menos dos de los aislados virales que presenten mayores distancias genéticas, lo que asegura que su diversidad genética se vea reflejada en diferencias biológicas distinguibles. De esta manera poder asociar las diferencias biológicas de patogenicidad e infectividad a las diferencias encontradas en las secuencias.

El material infectado recolectado en el objetivo No. 1 y analizado molecularmente en la actividad anterior de este objetivo, se almacenará a -80°C hasta el inicio de la caracterización biológica; con el objetivo de usarlas como inóculo para infectar plantas de tomate diagnosticadas como sanas.

12.3.3.2 Ensayos de infectividad: Para caracterizar biológicamente los virus, se utilizará un diseño factorial con dos niveles a evaluar:

- **Factor 1:** 2 genotipos de Tomate + 1 testigo (tabaco).
- **Factor 2:** 4 aislados virales.
- **Número de tratamientos:** Factor 1 x Factor 2 = 12
- **Número de Repeticiones:** 4
- **Unidades experimentales/rep:** 5

Se inocularán mecánicamente las plantas sanas de tomate bajo condiciones de cubierta plástica - el cual cuenta con un área de 750 m^2 y será equipado con mangueras de riego y soportes para el establecimiento de las bandejas de germinación y evaluación - a partir de 0,5g de material vegetal infectado, el cual se macerará en un mortero de porcelana con 2 ml de tampón de inoculación (TI) (0,15M NaCl, 3mM de NaH_2PO_4 , 75mM de Na_2HPO_4 , 0,2% de Mercaptoetanol y 1% de Polivinil Pirrolidona (PVP), pH: 7.2) y se le adicionará carbón activado que absorbe compuestos que puedan inactivar el virus.

Como primer paso, se procederá a espolvorear carburo de silicio en las hojas nuevas del tercio superior a inocular, con el fin de lacerar la cutícula y la epidermis de la hoja, lo que facilitará la entrada del virus en la planta. Posteriormente, con el pistilo del mortero, se aplicará el macerado viral sobre la hoja lacerada y después de una incubación de cinco minutos, se lavará el exceso con agua destilada estéril. Esta estrategia se utilizará para inocular virus de RNA. Para virus DNA, se utilizará la estrategia de biobalística, empleando la pistola Helios Gene Gun System (BioRad, Hércules, CA, USA), donde se prepararán cartuchos con DNA del virus de interés y se inocularán en las plántulas de Tomate siguiendo las recomendaciones del proveedor y las modificaciones reportadas por Lopez-Lopez *et al.* (2013).

Las plantas inoculadas se mantendrán bajo cubierta plástica a 24°C con un fotoperiodo acorde con las necesidades del cultivo. La observación de síntomas se realizará a partir de los 7 días después de la inoculación (d.p.i) y se continuará monitoreando día de por medio, hasta la aparición de los mismos. Se continuará monitoreando las plantas infectadas durante 6 meses como lo describe Salazar *et al.* (2010). Para comprobar la infección, tanto en plantas que recuperen los síntomas, como en las que no, todas las plantas se analizarán mediante RT-PCR /PCR empleando oligos específicos para cada virus inoculado a los 15 d.p.i. Los resultados se registrarán en tablas de frecuencia, obteniendo medidas de tendencia central y de dispersión de la presencia o ausencia de la enfermedad en la población estudiada.

Finalmente, se cruzará la información de los datos obtenidos de la caracterización molecular de aislados, con la severidad de los síntomas y la infectividad de los aislados en los diferentes genotipos de tomate, para establecer el grado de asociación entre los marcadores encontrados en el análisis de secuencia y la susceptibilidad o tolerancia de los genotipos a los virus. Así mismo, se podrá establecer una asociación de los marcadores encontrados en los aislados virales utilizados como tratamientos, con la infectividad y patogenicidad de los mismos. En todos los casos, se utilizará como control de inoculación, plantas de tabaco las cuales son conocidas indicadoras de virus y dos genotipos de tomate de árbol. Las diferencias en el número de plantas infectadas inoculadas con los diferentes aislados se analizarán empleando el test estadístico de chi-cuadrado

12.3.4 Protección y divulgación: dentro de esta actividad se incluye la socialización de resultados en eventos científicos como congresos o seminarios y la socialización de resultados parciales y finales de los resultados a través de dialogo de saberes.

- Participación o asistencia en seminario o congreso: La participación en este tipo de eventos se realiza para dar a conocer a la comunidad científica, académica y otros las experiencias y los resultados obtenidos en el desarrollo de las actividades de este objetivo. La participación se puede realizar mediante una presentación oral o por la publicación de Poster, para lo cual se requiere de su impresión y diseño. Esta alternativa constituye una estrategia de divulgación de resultados del proyecto, intercambio de conocimientos, experiencias y resultados sobre el cultivo del tomate de árbol.

Descripción: Congreso Nacional de microbiología

Intensidad Horaria (Duración): 56 horas durante 7 días

Cantidad: 3

Lugar: España

Número de personas: 2

Personas a quien está dirigida: Equipo de trabajo contratado para el desarrollo del objetivo 2 (Ingeniero agrónomo Ph.D y Magister con 1 a 5 años de experiencia laboral; Ingeniero agrónomo Magister entre 1 y hasta 5 años de experiencia laboral).

Temas: caracterización molecular y biológica de los virus encontrados en las zonas productoras de tomate de árbol.

- **Socialización inicial, parcial y final a través de diálogo de saberes:** El propósito es informar a la comunidad los avances técnicos del proyecto. El cumplimiento de esta actividad se constituirá en un instrumento útil para propiciar el diálogo y la concertación entre los agentes de la cadena en el departamento, para llegar a la etapa de formulación y ejecución de actividades científicas que de manera paralela a este proyecto contribuyan al fortalecimiento de Asociaciones, impulsar la agroindustria y concertar acuerdos que deriven en acciones concretas entre los distintos actores involucrados.

Intensidad Horaria (Duración): se realizarán 5 diálogos de saberes, en cada uno de los municipios beneficiarios, de 8 horas de duración cada una para un total de 48 horas.

Lugar: Municipios beneficiarios (Yacuanquer, Ipiales, La Florida, Sandona, Providencia y Buesaco)

Número de personas: 20 personas durante cada jornada en cada uno de los municipios beneficiarios, para un total de 120 personas.

Perfil de los capacitadores: Equipo de trabajo contratado para el desarrollo del objetivo 2 (Doctorado entre 1 y 5 años; Magister entre 1 y 5 años de experiencia laboral; Dos profesionales con 1 y hasta 5 años de experiencia laboral como Ingeniero Agrónomo, Agroforestal o ambiental y dos tecnólogos con 1 y hasta 5 años de experiencia laboral en áreas relacionadas con ciencias agrarias o ambientales).

Personas a quien está dirigida: Productores de tomate de árbol que participaron en la última evaluación agropecuaria que realizó el municipio, asociados, mujeres rurales, jóvenes rurales y estudiantes de últimos grados de instituciones educativas agropecuarias, y del sector agrícola, actores de la cadena productiva (productores individuales y organizados, directivos de instituciones públicas y privadas y agro-empresarios), profesionales y técnicos del área.

Justificación de la metodología de socialización: El diálogo de saberes es un método cualitativo que busca comprender, sintetizar, teorizar y contextualizar el conocimiento; permite entender los problemas y necesidades que tiene la población, mediante la reflexión y discusión de los actores, basándose en las palabras de la misma población. Con esta actividad se busca reflexionar sobre el diálogo de saberes para explicar cómo este permite identificar de manera más cercana la situación, problemas y necesidades de los productores de tomate de árbol.

Temas: 1. Socialización inicial del proyecto

2. Información General

3. Socialización de avances parciales del proyecto

4. Socialización de las metodologías y resultados obtenidos en ensayos de caracterización biológica

5. Socialización resultados finales del proyecto

Contenidos y metodología: Se ejecutará siguiendo la metodología de diálogo de saberes tomando como principio el conocimiento de productores, asistentes técnicos, empresas privadas, entidades públicas y mixtas como las secretarías de agricultura (UMATAS), Universidad Nacional e investigadores del proyecto, para articular una red de actores que aprovechen la información obtenida en este proyecto como base de sus propios conocimientos y experiencias en lo práctico, teniendo en cuenta que cada actor desempeña

actividades valiosas en el sector. Las metodologías son inclusivas a los agricultores desde su conocimiento y contexto social, donde sus tradiciones y los imaginarios en los procesos del cultivo, puedan ser aportados y complementados con conocimiento científico resultado de la investigación. Por lo tanto se indagará acerca de los conocimientos propios, ya sean empíricos o técnicos.

Se seguirán los siguientes pasos:

a. Identificación de líderes, jefes de zona y detractoras o detractores: en cada uno de los municipios beneficiarios se identificarán los líderes a través de dos técnicas: la primera es la identificación voz a voz, es decir, se entrevistará a la población sobre los líderes que la comunidad identifique; la segunda es a través de reunión grupal, que se efectuará al momento de la presentación del proyecto general, donde se podrán evidenciar los líderes, jefes de zona y personas que estén en contra del proceso.

b. Línea base: identificados los/las líderes, jefes/jefas y detractores/detractoras se obtendrán sus datos básicos (nombre, fecha de nacimiento, dirección de residencia, número de hijos etc.); además, se motivará la “Pertenencia” hacia el proyecto por medio de mesas municipales (serán 6 mesas), donde se explicarán las actividades de los actores principales; con ello se logrará establecer confianza en el proceso y su participación activa en las actividades de socialización de este objetivo. Por otra parte, los actores indirectos como las casas comerciales, instituciones privadas y públicas, profesionales del sector con influencia en el agro, son actores que transmiten y difunden el conocimiento hacia los actores directos (Productores).

Son quienes brindan asistencia técnica al sector rural. El proyecto requiere que conozcan de primera mano la información técnica y los resultados de la investigación para el cultivo de Tomate de Árbol, con lo cual se busca incrementar su difusión y buscar mayor cobertura al proceso.

c. Construcción de mesas sectoriales: Se construirán 6 mesas, una por municipio. Una mesa sectorial es el espacio establecido para debatir y concertar la metodología de trabajo a seguir para la documentación y divulgación de la información generada de los resultados experimentales del proyecto. Allí se realizarán diálogos del conocimiento actualmente aplicado, de la resistencia hacia el cambio y de las condiciones requeridas hacia el futuro. Con las mismas se trabajarán los resultados directos del proyecto por municipios, y serán éstas personas las encargadas de replicar el conocimiento hacia los demás productores municipales.

Con las conclusiones obtenidas en las mesas, se complementará paulatinamente el trabajo investigativo, apuntando los resultados hacia la percepción comunitaria de lo que se pretendía recibir, como se adoptará y cuáles son las estrategias por mesa para su implementación.

12.4 OBJETIVO 3. AMPLIAR LA VARIABILIDAD GENÉTICA DENTRO DE LA ESPECIE *Solanum betaceum*.

Bien o Servicio Objetivo 3: Artículo de investigación relacionado con la ampliación de la variabilidad genética dentro de la especie *Solanum betaceum* con agentes mutagénicos

Producto: Artículos de investigación

Indicador: Artículos publicados en revistas indexadas nacionales e internacionales

El presente objetivo se desarrollara desde el periodo cero en el laboratorio de biología molecular ubicado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD Pasto y se dotara con equipos especializados requeridos para la seguridad biológica e industrial (cabinas de flujo laminar, extractores de gases), generadores de asepsia (esterilizadores), para la preparación de medios de cultivo (agitadores, balanzas analíticas y pH-metros), además, se requiere también un equipo de cuantificación tipo espectrofotómetro, etc. Estos equipos se encuentran referenciados en el rubro equipos y software del presupuesto detallado.

Material vegetal: Se utilizará semillas o explantes de hojas o tallos del cultivar Manzano, variedad UDENAR-Contadero y UDENAR-Arboleda. El cultivar manzano es un genotipo seleccionado por el agricultor. Su fruto es de tamaño grande (120 a 200 g), color de pulpa y arilo de semilla naranja con contenidos de solidos solubles entre 9,35 a 10,32°Brix, 26 a 31ml de jugo por fruto y 5,21 a 9,32t/ha (Lagos *et al.*, 2013). Además, de la variedad UDENAR-Contadero y UDENAR-Arboleda.

12.4.1 Inducir variabilidad genética mediante el agente mutagénico DES en genotipos de *Solanum betaceum*.

Según el *Manual on mutation Breeding (1977)*, el agente mutagénico Sulfato de dietilo (DES), pertenece a la clase especial de agentes alquilantes. Este es el grupo más importante de productos químicos mutagénicos para la inducción de la mutación en plantas cultivadas. Estos compuestos tienen uno o más grupos alquilo reactivos que pueden transferirse a otras moléculas en posiciones donde la densidad de electrones es suficientemente alta. Todas estas sustancias reaccionan con el ADN alquilando los grupos fosfato, así como la purina y pirimidina. El evento más frecuente que involucra bases conduce a la formación de 7-alquil guanina.

Con base en lo anterior, inicialmente se establecerá la concentración del agente mutagénico DES, se llevará a cabo un experimento factorial con un diseño DCA con cuatro repeticiones y dos factores. El factor uno, serán las concentraciones de DES y el factor dos tiempos de exposición.

Una vez se obtengan las semillas de variedad manzano, serán sumergidas durante 15 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 2%, con el fin de desinfectarlas, transcurrido este tiempo se lavaran con agua destilada dos veces y se colocarán en 500 ppm de ácido giberélico por 24 horas, este acido estimula a las células de las semillas

germinantes para producir moléculas de ARN mensajero que codifican las enzimas hidrolíticas, promoviendo el crecimiento y la elongación celular.

Una vez se laven y dejen secar a temperatura ambiente se someterán a los tratamientos relacionados en la Tabla 3, así:

Tabla 3. Descripción de tratamientos para determinar la concentración del agente mutagénico DES

Tratamiento	DES (%)	Tiempo (horas)	Tratamiento	DES (%)	Tiempo (horas)
T ₀₋₈	0	8	T ₀₋₁₆	0	16
T _{0,5-8}	0,15	8	T _{0,5-16}	0,15	16
T _{0,2-8}	2	8	T _{0,2-16}	2	16
T _{0,25-8}	1,5	8	T _{0,25-16}	1,5	16
T _{0,3-8}	2,0	8	T _{0,3-16}	2,0	16

Para la aplicación del mutante DES a las semillas M0, se procederá de la siguiente manera:

1. Se prepara una solución 100 mM de tampón de fosfato (pH 7,5).
2. Se prepara 100 ml de 1M K₂HPO₄ y 100 ml de 1M KH₂PO₄.
3. Se depositan 70 ml de 1M K₂HPO₄ en un beaker.
4. Se añaden 20 ml de 1M de KH₂PO₄ y se mezcla la solución.
5. Se ajusta el pH a 7,5 con la adición de 1M KH₂PO₄.
6. Se diluye el tampón 1M de fosfato con agua para hacer un tampón fosfato 100 mM.
7. Se remoja la semilla las semillas en un tubo de plástico de 50 ml con 40 ml de tampón de fosfato 100 mM a 4 °C durante la noche.
8. Se coloca el tubo en posición vertical para permitir que las semillas se asienten y se decanta el exceso de tampón fosfato.
9. Se añade 40 ml de tampón fosfato fresco 100 mM.
6. Se añade el mutante DES a la concentración final (ver tratamientos).
7. Se incuba la mezcla durante el tiempo planteado en los tratamientos (8h y 16h) a temperatura ambiente con un movimiento suave.

Una vez la semilla es sometida a los tratamientos y tiempos descritos en la tabla 3, se lavará 20 veces con agua destilada (40 ml por lavado) y se procederá a sembrar en el medio de cultivo Murashige-Skoog (MS) que se describe a continuación:

Este medio de cultivo se preparara a partir de soluciones concentradas (ver datos en la tabla 4) o bien a partir de productos comerciales preelaborados (Sigma-Aldrich), que se van a adquirir con el proyecto del rubro de materiales e insumos.

A estos elementos se puede añadir: sacarosa (como fuente de C), reguladores de crecimiento y gelificante.

Materiales que se usaran en la preparación del medio:

- a. Soluciones stock
- b. Pipetas y ayudante de pipeteado

- c. Probetas (de volumen adecuado para el volumen de medio a preparar)
- d. Erlenmeyer (de capacidad suficiente para el volumen de medio a preparar)
- e. pH-metro
- f. Balanza
- g. Phytigel
- h. Sacarosa
- i. Reguladores de crecimiento
- j. Soluciones de OHNa y HCl 0.1 M

Tabla 4. Composición de medios de cultivo

Macronutrientes		Concentración Solución stock	ml/L
NH ₄ NO ₃	1.65 g/l	X10	100
KNO ₃	1.9 g/l		
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.37 g/l		
CaCl ₂ .aq	0.33 g/l		
KH ₂ PO ₄	0.17 g/l		
Micronutrientes			
KI	0.83 mg/l	X100	10
H ₃ BO ₃	6.2 mg/l		
MnSO ₄ .4H ₂ O	22.3 mg/l		
ZnSO ₄ .7H ₂ O	8.6 mg/l		
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.25 mg/l		
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.025 mg/l		

CoCl ₂ .6H ₂ O	0.025 mg/l		
Hierro			
Na ₂ EDTA	37.3 mg/l	x200	5
FeSO ₄ .7H ₂ O	27.8 mg/l		
Vitaminas			
Inositol	100	x200	5
Acido Nicotínico	0.5		
Piridoxina HCl	0.5		
Tiamina HCl	0.1		
Glicina	2		

Procedimiento

1. Se calculará las cantidades necesarias de los componentes del medio a partir del volumen de medio a preparar.
2. Se añadirá 100 ml de agua destilada en el recipiente escogido para preparar el medio.
3. Se añadirá el volumen necesario de las soluciones de macronutrientes, micronutrientes, hierro, vitaminas y reguladores de crecimiento.
4. Se añadirá la cantidad de sacarosa requerida y se agita hasta disolución completa.
5. Luego se ajusta al volumen final con agua destilada.
6. Se ajustara el pH a 5.7 con la ayuda de soluciones 0.1 M de HCl o OHNa.
7. Se añade el gelificante (phytagel) o agar.
8. Se disuelve el gelificante con calor (agitador magnético con calefacción, autoclave, horno microondas).
9. Se dosifica en el recipiente de cultivo (tubos, cajas magenta, baby foods...) y se rotula adecuadamente.
10. Se debe esterilizar el medio y su recipiente en autoclave a 121 °C (15 p.s.i), durante 15 minutos.

Para establecer el efecto de los tratamientos, se utilizará un diseño completamente al azar DIA, donde la unidad experimental estará compuesta por cinco frascos con medio MS. En cada frasco se colocarán cinco semillas tratadas con el agente mutagénico, para un total de 25 semillas por repetición.

Una vez se tengan las semillas tratadas con los diferentes tratamientos (semillas M1) se harán pruebas de germinación *in-vitro*, colocándolas en frascos de 120 ml con 20 ml del medio MS a una temperatura de 25°C y 8 horas de luz. Se tendrá un total de 100 semillas por tratamiento.

Se registrarán datos del porcentaje de germinación, de morfogénesis, altura de planta y número de raíces por planta y número de hojas formadas en un lapso de 30 días.

12.4.2 Determinar la variación citogenética inducida en las plantas tratadas con DES

De las plantas de Tomate de árbol sometidas a diferentes concentraciones de DES y diferentes tiempos de exposición se tomarán cinco al azar, de las cuales se tomarán los ápices radiculares. En estos ápices radiculares se harán las observaciones citogenéticas con base en las metodologías de Lagos (2006) y Pabón (2011), la cual se resume a continuación:

Cosechar las raíces entre 10am a 12 m e inhibir con 8-hidroxiquinolina 0,002M por 2h al vacío y 22h en el refrigerador (4°C) y posteriormente se transferirán a una solución Farmer (3 de etano 1:1 ácido acético glacial) por 24h. Después de la fijación, se las llevaran a alcohol al 70% y a refrigeración de 4 a 5°C hasta su utilización.

Para preparar las placas, las raíces fijadas y pretratadas se llevarán a HCl 5N por 20 minutos, luego a ácido acético al 45%. Se centrifuga a 12.000 rpm por 5 min. Se realiza la tinción con reactivo de Schiff a 37°C por 30 minutos y una contratinción con orceina acética por 15 minutos a temperatura ambiente. Los meristemos se llevan al portaobjetos bajo una gota de glicerina del 87%. Se coloca el cubreobjetos, se realiza el aplastamiento (squash) y finalmente se observará al microscopio.

Con las raíces tratadas se determinará el índice mitótico y el número de cromosomas. Para determinar el índice mitótico se realizarán aplastados de meristemos radiculares, en los cuales se establecerá el índice de fases parciales (IF), que consiste el porcentaje de células en cada una de las diferentes fases del ciclo celular (interfase, profase, metafase y anafase) como se muestra en la siguiente fórmula:

$$IF (\%) = (\text{células de cada fase} / \text{total de células}) \times 100$$

Luego se determinará el índice mitótico parcial (IM), que es la sumatoria de los índices de fases parciales:

$$IM (\%) = IFp + IFm + IFa$$

Dónde: p = profase, m = metafase, y a = anafase

El conteo de cromosomas se realizará en la metafase mitótica.

12.4.3 Detectar molecularmente la variación genética inducida en las plantas tratadas con DES.

El ADN genómico de las plántulas de Tomate de árbol (M1), se extraerá mediante el protocolo modificado de Dellaporta *et al.* (1983). Este consiste en pulverizar 50 mg de hojas a partir de las plantas in vitro con 0,75 ml de tejido de solución amortiguadora CTAB en un mortero. El macerado se incubaba en la misma solución durante 90 min a 65°C. Luego se trata con fenol cloroformo isoamílico (25:24:1), luego el ADN precipitado se trata con isopropanol. Para evaluar la variabilidad genética producida por los tratamientos se probarán siete “primers” o cebadores (Tabla 4).

Tabla 4. Microsatélites RAMs

Primer	Secuencia (5' a 3')
AG	HBH (AG) A
CT	DVD (CT) C
CA	DBD A (CA)
CCA	DDB(CCA)
CGA	DHB(CGA)
GT	VHV(GT) G
TG	HVH (TG) T

H (A, T o C); B (G, T o C); V (G, A o C) Y D (G,A o T).

Para la reacción de amplificación con los microsatélites RAMs se preparara el cóctel en un tubo estéril de microcentrífuga (1,5 ml) para un volumen final de 25 µl. La mezcla de reacción se prepara con buffer 1X, MgCl₂ 1,5 mM, DNTPs 0,2 mM, Taq Polimerasa 1 U/µl, cebador 2 µmM y ADN genómico 4ng/ µl.

Los perfiles de amplificación de la PCR, serán los siguientes: desnaturalización inicial de 95°C durante 5 minutos; 37 ciclos de desnaturalización a 95°C por 30 segundos, hibridación: 58°C (Primer GT), 61°C (Primer CGA), 50°C (Primer AG), 55°C (Primer TG), 41°C (Primer CA, Primer CT) durante 45 segundos y 55°C (Primer CCA) durante 50 segundos. Con una extensión a 72°C por 2 minutos y la extensión final a 72°C durante 7 minutos.

Los productos de la PCR se reportarán mediante lectura visual de los geles de poliacrilamida, donde se evaluará el nivel de polimorfismo de acuerdo con la presencia y ausencia de las bandas para cada uno de los “primers” o cebadores estudiados. Se construirá una matriz binaria de ausencia (cero) y presencia (uno). Las estimaciones de similitud se calcularán con el método de Nei y Li (1979). El análisis clúster se realizará por el método UPGMA y se construirá un dendograma utilizando el paquete estadístico NTSYS-pc versión 2.0. La representación multidimensional de los individuos se realizará con un análisis de correspondencias Múltiples. Se utilizará el programa AMOVA-PREP (Excoffier *et al.*, 1992) para generar matrices de distancia con base en el coeficiente de Dice. Para estimar los parámetros de heterocigosidad promedio (H) y el porcentaje de loci polimórficos se utilizará la fórmula no sesgada de Nei (1978). La variación en la frecuencia alélica de los tratamientos se obtendrá utilizando el paquete estadístico TFPGA (Tools For

Population Genetic Analices, versión 1.3, 2000); además, se determinará el f estadístico insesgado con un intervalo de confianza del 95%.

Una vez se cuente con la información de la actividad anterior, los cinco tratamientos que presenten un rango de germinación superior al 70% y que muestren el mayor porcentaje de loci polimórficos, serán seleccionados para el objetivo No. 4, en el cual se evaluarán ensayos de infectividad y se determinará que genotipo posee características de tolerancia al virus prevalente.

12.4.4 Protección y divulgación: dentro de esta actividad se incluye la socialización de resultados en eventos científicos como congresos o seminarios.

- **Participación o asistencia en seminario o congreso:** La participación a este tipo de eventos se realiza para dar a conocer a la comunidad científica, académica y otros las experiencias y los resultados obtenidos en el desarrollo de las actividades de este objetivo. La participación se puede realizar mediante una presentación oral o por la publicación de Poster, para lo cual se requiere de su impresión y diseño. Esta alternativa constituye una estrategia de divulgación de resultados del proyecto, intercambio de conocimientos, experiencias y resultados sobre el cultivo del tomate de árbol.

Descripción: VII Simposio Colombiano y IV Congreso Latinoamericano de Virología

Intensidad Horaria (Duración): 40 horas durante 5 días

Cantidad: 3

Lugar: Bogotá

Número de personas: 2

Personas a quien está dirigida: Equipo de trabajo contratado para el desarrollo del objetivo 3 (Ing. Agrónomo, Magister en Ciencias Agrarias Línea Fitomejoramiento, con estudios adelantados de Doctorado en Mejoramiento Genético Vegetal; Ingeniero Agrónomo, Agroforestal o ambiental con un año de experiencia en Biotecnología).

Temas: Obtención de variabilidad genética por técnicas como la mutagénesis, caracterizaciones moleculares y biológicas

12.5 OBJETIVO 4. SELECCIONAR GENOTIPOS DE *Solanum betaceum* CON POTENCIAL AGRONÓMICO TOLERANTES A VIRUS PREVALENTES.

Bien o Servicio Objetivo 4: Documento de mejoramiento genético en tomate de árbol: Obtención de un genotipo de *Solanum betaceum* con potencial agronómico tolerante a virus prevalentes

Producto: Documentos de investigación

Indicador: Libros y/o capítulos de libros resultados de investigación

12.5.1 Evaluar y seleccionar en ensayos de infectividad genotipos de *Solanum betaceum* tolerantes al virus prevalente.

Los mutantes M1 (al menos 5 mutantes), que serán obtenidos en el Objetivo No. 3 mediante mutación inducida con DES y 10 genotipos de tomate que previamente hayan sido evaluados en anteriores programas de mejoramiento como los realizados para la obtención de las variedades UDENAR-contadero y UDENAR-Arboleda, serán sembrados bajo cubierta plástica de la UNAD - el cual cuenta con un área de 750 m² y será equipado con mangueras de riego y soportes para el establecimiento de las bandejas de germinación y evaluación - para establecer su comportamiento ante la inoculación mecánica del virus de mayor prevalencia identificado en el Objetivo No.2, mediante la técnica de frotis, la cual consiste en macerar tejido infectado con virus en una solución buffer a un pH de 7,0. Sobre hojas de plantas de 30 cm de alto, sembradas en bolsas de polietileno negro de un kg con sustrato previamente desinfectado, se aplicará carborundum, para luego hacer un frotis con el macerado antes descrito.

La evaluación de los tipos de infección (TI) bajo cubierta plástica se hará 14 días después de la inoculación artificial, utilizando la escala de clasificación reportada por Salazar *et al.* (2010), donde 0- Asintomática, 1- Clorosis incipiente, a manera de punteado en hojas jóvenes, 2- Clorosis avanzada en la lámina foliar del tercio superior y presencia de mosaico, 3- Clorosis avanzada, mosaico rugoso en hojas jóvenes, y moteado en tercio medio, 4- Clorosis, mosaico rugoso, ampollamiento, mancha aceitosa, secamiento de ramas.

Se establecerá un diseño DIA con 15 tratamientos que corresponden a los genotipos y mutantes de tomate de árbol con 4 repeticiones y 10 plantas por repetición. Para un total de 600 unidades experimentales.

Los datos obtenidos serán sometidos a un Análisis de Varianza mediante el programa S.A.S. 9.3 (Statistical Analysis System, Institute Inc.). Las medias de los tratamientos se analizarán mediante la prueba de Tukey (p=0.05).

12.5.2 Evaluar la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos tolerantes al virus prevalente.

Los tratamientos corresponderán al menos 5 materiales genéticos de la actividad anterior que obtengan diferencias significativas entre tratamientos y un testigo comercial, los cuales se sembrarán en las localidades beneficiarias del proyecto bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Cada parcela experimental estará conformada por 5 plantas, donde las 3 plantas centrales serán consideradas como parcela útil.

Variabes evaluadas: Durante la fase vegetativa y productiva del cultivo se evaluarán las siguientes variables:

Incidencia de la Virosis. Para establecer la incidencia, cada planta dentro de cada mutante y genotipo se evaluarán la incidencia del virus con base en la clasificación reportada por Salazar *et al.* (2010).

Días a cosecha (DAC). Se registrará el número de días transcurridos desde el momento del trasplante hasta la primera recolección de frutos maduros presentes en el 50% de las plantas que conforman la unidad experimental.

Numero de fruto por planta (NFP). Se contabilizará el número total de frutos de cada parcela y se divide en el número de plantas que la conforman. Expresando los datos en frutos/planta.

Peso promedio de un fruto (PPF). Por cada tratamiento en cada cosecha se evaluará el peso total de la parcela y se dividirá sobre el total de frutos cosechados, esta variable se expresó en gramos (g).

Producción por planta (PPP). Para determinar esta variable se tendrá en cuenta el peso de todas las cosechas y se determinara el rendimiento en kilos por planta por mes (Kg/pl/mes).

Sólidos solubles totales (SST). Los SST se determinarán en frutos maduros utilizando un refractómetro “Atago de bolsillo PAL-1” y se expresara en grados brix (°Bx).

Acidez Titulable (AC). Se determinará por el método de titulación potenciométrica y se expresará como porcentaje de ácido cítrico (%A.C). Se calculará mediante la ecuación mencionada por el Instituto Colombiano de Normalización y Certificación, 1997.

$$\%A.C = ((V1 \times N)/V2) \times K \times 100.$$

V1= Volumen de NaOH consumido (ml)

V2= Volumen de la muestra (5 ml)

K = Peso equivalente del ácido cítrico (0,064 g/meq)

N = Normalidad del NaOH (0,1 meq/ml).

12.5.2.1 Análisis de la información: Se realizará un Análisis de correlación de Pearson (Weisstein, 2011) entre las variables a través de todas las localidades con el fin de seleccionar las variables a incluir en el análisis y la discusión de los resultados. Se asumirá un modelo mixto, siendo las localidades efecto aleatorio y los tratamientos efecto fijo.

Posteriormente, las variables se someterán al Análisis de Varianza Combinado (ANDEVA). Para las variables que presenten diferencias significativas en cuanto a interacción genotipo por ambiente se realizará un análisis del efecto simple por localidad. Posteriormente se realizará una prueba de medias con base en lo planteado por Lagos (2012) quien establece que los valores superiores de una característica en particular son los que superan a la media general más una vez la desviación estándar ($\mu + \sigma$) o dos veces su correspondiente desviación estándar ($\mu + 2\sigma$).

12.5.2.2 Selección de genotipos: Acorde con la metodología de Lagos (1998), se determinará un índice de selección (IS), el cual se aplicará a los genotipos con mejor comportamiento. En primer lugar, se estandarizarán (E) los valores de cada una de las variables que componen el índice de selección, mediante la ecuación:

$$Y_{ij} = [(X_{ij} - \mu) / \sigma]$$

Donde:

μ = media general

σ = desviación estándar

X_{ij} = observación individual; μ = promedio general de cada introducción;

σ = desviación estándar de la variable; $\sigma = (\sigma^2)^{1/2}$; σ^2

Para construir el índice de selección, se trabajará con las variables de mayor aporte a la variación del rendimiento y la incidencia de virus tanto en condiciones de cubierta plástica como en ensayos de adaptabilidad y estabilidad.

12.5.2.3 Análisis de estabilidad

Una vez detectada la presencia de la interacción genotipo por ambiente (IGA), se procederá a estimar los parámetros de estabilidad de los materiales mediante el modelo AMMI, conforme a Gauch y Zobel (1989) y Crossa (1990) y basados en los procedimientos establecidos por Vargas y Crossa (2000), cuando se utiliza toda la información referente a cada ambiente, genotipo y repetición, de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \xi_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} representa la media del i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente; μ es la media general; g_i y a_j son los efectos del i -ésimo genotipo y j -ésimo ambiente, respectivamente; n es el número de componentes principales (CP) retenidos en el modelo; λ_k es el valor singular para cada CP; γ_{ik} son valores de los vectores de los genotipos para cada CP; α_{jk} son los valores de los vectores de los ambientes para cada CP; ρ_{ij} es el residual de la interacción IGA y ξ_{ij} es el error experimental medio.

Para cada genotipo y ambiente, se obtendrán los escores genotípicos y ambientales. Adicionalmente, la significancia de cada CP será medida mediante una prueba de F aproximada al nivel 0,05 de probabilidad, comparando el cuadrado medio de cada CP, con el cuadrado medio del error experimental, conforme a Crossa et al. (1990). El número de ejes posibles (CP) que el modelo puede retener en AMMI es el mínimo ($G-1$; $E-1$). Aquellos ejes que resulten no significativos se incluirán en el residual. Los valores del CP1 y el rendimiento medio de genotipos/ambientes serán utilizados para construir el gráfico de doble representación "Biplot".

12.5.3 Protección y divulgación: dentro de esta actividad se incluye la socialización de resultados en eventos científicos como simposios, socialización de resultados a través de evaluaciones participativas y la implementación de otras herramientas de protección de conocimiento y divulgación, tales como:

- a. **Señalización e identificación:** se realizara la elaboración de avisos para señalización de las puertas de acceso a oficinas y laboratorios donde se ejecutan actividades programadas que proporcionen identificación a los espacios utilizados y

que contengan información básica del proyecto, tal como: nombre del proyecto, fuentes de financiación y participantes; Así como aviso para señalización e identificación de las actividades de campo que se ejecuten en el proyecto.

- b. Divulgación:** Impresión, diseño y diagramación de afiches divulgativos como medio visual para comunicar los resultados de trabajos, experiencias y promoción de actividades de los objetivos que se desarrollen en el proyecto
- c. Documentos de investigación:** Consolidación de información para publicación, impresión, diagramación, correcciones de redacción y forma del manuscrito con las metodologías propuestas para el desarrollo de las actividades planteadas y sus respectivos resultados.
- d. Plegables y cartillas de divulgación:** constituyen elementos de lectura rápida que permitirá que los productores y/o asistentes técnicos conozcan de primera mano los resultados del proyecto donde se detallaran, las especificaciones agroecológicas que ofrecen las zonas evaluadas y los genotipos que mejor se comporta dentro de la misma. Para lo cual se requiere la publicación, impresión, diagramación, correcciones de redacción y forma del manuscrito de resultados rápidos del proyecto para documentar, divulgar y promocionar la información obtenida en este proyecto con el fin de dar a conocer los productos generados en esta investigación.
- e. Publicación de artículos:** los artículos científicos son el medio por el cual los investigadores plasman los resultados de las hipótesis planteadas; dentro de la comunidad científica permitirá entregar las experiencias y los conocimientos generados en la investigación. Este tipo de actividad es la forma de rendir cuentas a la sociedad sobre los recursos utilizados en la investigación, además de ser un medio internacional de divulgación de resultados obtenidos. La publicación de cuatro artículos se realizará en revistas indexadas nacionales de distribución internacional categoría A y B. La publicación se realizará para cuatro autores en segundo idioma.
- f. Cuñas radiales y diseño de video:** Se efectuarán programas donde se divulgarán los resultados parciales y finales del proyecto, además de invitar a agricultores o técnicos a entrar en debate sobre las técnicas y procedimientos; con ello se abarcará el Diálogo de Saberes con medios masivos de comunicación.

- **Socialización inicial, parcial y final a través de evaluaciones participativas:** En una Evaluación Participativa la gente aprende más sobre aquello que ha funcionado bien y por qué ha funcionado bien. También aprenden más sobre las cosas que no han funcionado bien y por qué no han funcionado. Cuando las personas involucradas pasan por el proceso de evaluación es más probable que se tomen medidas correctivas en el futuro, porque éstas han sido descubiertas y comprendidas por la comunidad.

Intensidad Horaria (Duración): se realizarán 5 evaluaciones participativas, en cada uno de los municipios beneficiarios, de 8 horas de duración cada una para un total de 48 horas.

Lugar: Municipios beneficiarios (Yacuanquer, Ipiales, La Florida, Sandona, Providencia y Buesaco)

Número de personas: 20 personas durante cada jornada en cada uno de los municipios beneficiarios, para un total de 120 personas.

Perfil de los capacitadores: Equipo de trabajo contratado para el desarrollo del objetivo 4 (Magister entre 1 y 5 años de experiencia laboral; Dos profesionales con 1 y hasta 5 años de experiencia laboral como Ingeniero Agrónomo, Agroforestal o ambiental y dos tecnólogos con 1 y hasta 5 años de experiencia laboral en áreas relacionadas con ciencias agrarias o ambientales).

Personas a quien está dirigida: Productores de tomate de árbol que participaron en la última evaluación agropecuaria que realizó el municipio, asociados, mujeres rurales, jóvenes rurales y estudiantes de últimos grados de instituciones educativas agropecuarias, y del sector agrícola, actores de la cadena productiva

Justificación de la metodología de socialización: los investigadores, técnicos y productores aprenderán haciendo con actividades lúdicas e involucrándose en los procesos de investigación, de tal modo que las evaluaciones realizadas por los productores servirán como base para los análisis estadísticos de los investigadores y así la selección de genotipos de tomate de árbol tendrá mayor validez.

Contenidos y metodología: Una evaluación participativa es una oportunidad, tanto para los miembros de la comunidad como para el personal externo, de reflexionar sobre el pasado para tomar decisiones sobre el futuro. El personal externo alienta y apoya a los miembros de la comunidad para que asuman la responsabilidad y el control de:

- La organización de lo que se quiere evaluar
- Como efectuar la evaluación
- La realización de la evaluación
- El análisis de la información y la presentación de sus resultados.

Los miembros de la comunidad efectúan la evaluación de modo intuitivo e informal, a la luz de sus propios objetivos o de los objetivos del grupo. Por consiguiente, es razonable que el personal externo ayude a los miembros de la comunidad a llevar a cabo una evaluación eficaz. Con los resultados de la evaluación, los miembros de la comunidad pueden decidir la continuación de las actividades, modificar algunas o todas, cambiar la estrategia, cambiar los objetivos o poner fin a las actividades.

Las Evaluaciones Participativas no se realizan con el fin de responder a las interrogantes a las que el personal externo quiere dar respuesta. Sin embargo, en muchos casos las preguntas de evaluación de los miembros de la comunidad y del personal externo pueden ser las mismas. Ambos pueden recibir una respuesta mediante la Evaluación Participativa.

- **Participación o asistencia en seminario o congreso:** La participación a este tipo de eventos se realiza para dar a conocer a la comunidad científica, académica y otros las experiencias y los resultados obtenidos en el desarrollo de las actividades de este objetivo.

La participación se puede realizar mediante una presentación oral o por la publicación de Poster, para lo cual se requiere de su impresión y diseño. Esta alternativa constituye una estrategia de divulgación de resultados del proyecto, intercambio de conocimientos, experiencias y resultados sobre el cultivo del tomate de árbol.

Descripción: Simposio Internacional de Bioquímica y Biología molecular

Intensidad Horaria (Duración): 56 horas durante 7 días

Cantidad: 3

Lugar: Cuba

Número de personas: 2

Personas a quien está dirigida: Equipo de trabajo contratado para el desarrollo del objetivo 4 (Ingeniero agrónomo Magister con 1 a 5 años de experiencia laboral; Ingeniero agrónomo Magister entre 1 y hasta 5 años de experiencia laboral).

Temas: se mostraran resultados sobre los genotipos con tolerancia al virus TaLMV y adaptados a las condiciones del departamento de Nariño.

13. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA PROPUESTA.

El proyecto está relacionado con la tipología “Investigación y Desarrollo Experimental” y con la subtipología 1.2 Investigación aplicada, según lo establecido en la Guía sectorial de Programas y Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación (2015), referente a adquirir nuevos conocimientos. Con base en lo anterior, se plantearon cuatro objetivos de Investigación e Innovación Tecnológica, correspondiente a la cadena hortofrutícola, enmarcado dentro del área temática de distribución geográfica, caracterización molecular de aislados virales, ampliación de la base genética existente de Tomate de árbol, caracterización biológica de aislados y búsqueda de genotipos de tomate tolerantes a virus prevalentes en el departamento de Nariño. El proyecto, es el resultado del vacío tecnológico y científico que existe en el Departamento y en el país, respecto al cultivo de Tomate de Árbol, *Solanum betaceum*, afectado por la alta incidencia de enfermedades virales, la falta de variedades de tomate resistentes y/o tolerantes a problemas de etiología viral, falta de semilla de calidad libre de virus y poca extensión rural mediante herramientas fuertes y robustas para la apropiación y utilización de las nuevas tecnologías, que se reflejan en la mínima agremiación social para conseguir mejores precios para su producto y por qué no para darle valor agregado mediante la transformación agroindustrial del mismo. Todo esto con el fin de mejorar la calidad del cultivo en temas de producción, rendimiento y aceptabilidad en los mercados en fresco y productos procesados y su distribución en los mercados.

El proyecto abarcará directamente seis Municipios productores de Tomate del departamento de Nariño, para una cobertura del 24.65% de la zona productora. Una vez se identifique distribución geográfica de la presencia de los virus prevalentes en el cultivo de tomate en el departamento, se caracterizará molecularmente los aislados del nuevo posible potivirus identificado en tomate y reportado en Nariño. Al mismo tiempo, se ampliará la base genética mediante mutaciones químicas inducidas en semillas de Tomate para buscar fuentes de resistencia o tolerancia a problemas virales, que se contrastarán con los

resultados de la caracterización biológica de los mismos. Por último, se evaluarán los genotipos con características de tolerancia al virus en diferentes ambientes para conocer su potencial productivo. La innovación de la propuesta se encuentra en: establecer la distribución geográfica de las principales enfermedades virales y caracterizar los aislados de virus prevalentes recogidos en los diferentes municipios para generar una colección de aislados que permitan realizar un análisis molecular y biológico de los mismos, para de esta manera, soportados en la generación de mutaciones inducidas en tomate, buscar genotipos tolerantes o resistentes a aislados virales. Toda esta información molecular, biológica y geográfica (agroclimática), permitirá sentar bases de los mecanismos de infección del patógeno con la planta, lo que a futuro permitirá desarrollar genotipos de tomate tolerantes o resistentes, sin riesgos de pérdidas biológicas o económicas y con mejores posibilidades de mercado y, finalmente, trabajar con los productores vinculados directa e indirectamente al proyecto para adoptar y apropiarse las nuevas tecnologías, soportándose en el beneficio del establecimiento de asociaciones que permitan competir en el mercado.

14. COMPORTAMIENTO DEL MERCADO PARA TOMATE DE ARBOL

14.1 Contexto del mercado actual

En Colombia hay 6 departamentos que lideran el mercado del tomate de árbol : El primero es Antioquia con una producción del 48.63%; el segundo Departamento Cundinamarca con un 25.6% de la producción; el tercero es Tolima con un 7.2%, el cuarto es Boyacá con un 4.28%; el quinto es Huila con un 2.89% y Nariño con un 1.79% de la producción Nacional (Datos tomados de Agronet, 2014), los cuales abastecen una demanda de gran importancia en la canasta familiar de los colombianos, debido a su alto consumo gracias su valor nutricional y medicinal.

Según el manual de exportadores de frutas, hortalizas y tubérculos de Colombia, entre 1991 y el 2000, las exportaciones colombianas de este producto crecieron en 15,7% en valor, y mostraron un incremento importante a partir de 1998 cuando Ecuador entró como destino del sector de exportaciones. Entre las exportaciones de frutas diferentes del banano y el plátano, el tomate de árbol ocupa el tercer lugar en exportaciones de frutícolas después de la uchuva y la granadilla. En el año 2012 Colombia exportó 1.036 toneladas de las cuales 300 toneladas se destinaron al Ecuador. Teniendo en cuenta que Ecuador inició cultivos en tomate de árbol y como consecuencia de esta actividad se ha visto disminuida la demanda de la fruta colombiana, no se debe descartar la posibilidad de participación en mercados internacionales a través de Ecuador, ya que está participando fuertemente exportaciones a nivel mundial. Además, Nariño no se debe descartar esta posibilidad debido a la cercanía y facilidad en vías de comunicación con el vecino País. Dentro de los principales importadores de Tomate de árbol a nivel mundial, en el año 2012, se encuentran China con una participación del 31,6% con respecto al total de importaciones del mundo, seguido de Hong Kong con 7%, Indonesia con 6%, Federación Rusa con 5,1% y Países Bajos con 5% (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015). Según la Cámara de Comercio de Bogotá, En el año 2013 hubo exportaciones de tomate de árbol desde Colombia por valor de \$1.353.980 dólares, siendo los principales países destino de las importaciones Países Bajos (508.479 dólares), Canadá (264.749 dólares), Francia (176.064 dólares), Alemania (145.527 dólares)

y Bélgica (55.400 dólares). Por su parte, los principales departamentos exportadores fueron Bogotá con una participación del 51,7% del total exportado, Cundinamarca con 25,5%, Antioquia con 21,5%, y Valle del Cauca, Risaralda, Santander, Bolívar y Magdalena con una participación total del 1,4% (DANE, 2014. Cifras de Comercio Exterior) Teniendo en cuenta la moneda de transacción de las exportaciones (dólares), la cual en los últimos años ha sufrido un incremento considerable, con proyecciones de permanecer estable, el Tomate de árbol generaría una fuente robusta de empleo para los campesinos de la región, para el sector de agencias de aduana de la frontera sur del país, además de rentas al departamento por las transacciones generadas.

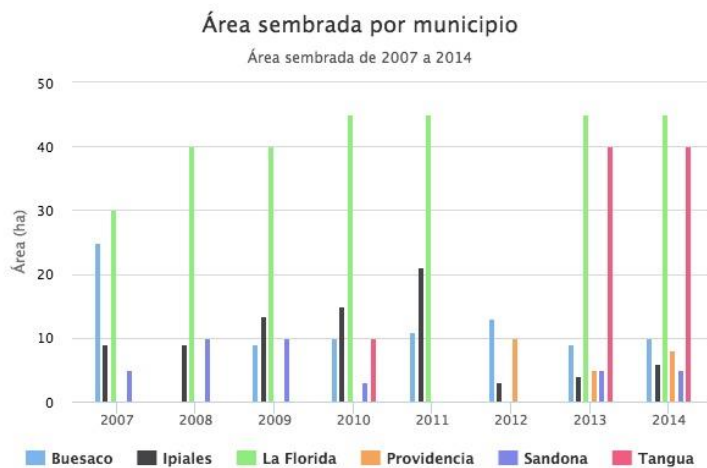
En este sentido, el tomate de árbol es una fruta que dentro del arancel de aduanas se clasifica en el capítulo 8 “Frutas y frutos comestibles, donde en los Acuerdos de Libre Comercio con la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá este producto quedó liberalizado desde el primer día en el que entró en vigencia cada acuerdo (Soto, 2013), siendo este aspecto totalmente relevante y de gran ventaja competitiva en términos económicos y de oportunidad de mercados para el cultivo de Tomate de árbol. Hay que resaltar que Colombia participa con el 93% del total de las exportaciones de esta fruta a Europa. Según las estadísticas reportadas por Agronet 2014, tanto el área dedicada al cultivo como los rendimientos por hectárea se han visto disminuidos, posiblemente, en gran medida por problemas de etiologías virales, que pueden llegar a ser tan severas que pueden causar la erradicación del cultivo (Jaramillo Zapata y col., 2012).

TABLA 6. Para segmentar la producción, área y rendimiento del cultivo en Nariño

Municipio	Área Sem. (has)	Producción (Ton)	Rendimiento (ton/ha)
Alban	2,50	15,00	6,00
Ancuya	19,50	216,00	12,00
Belén	8,00	16,00	2,00
Buesaco	10,00	63,00	7,00
Contadero	12,00	120,00	10,00
Córdoba	29,00	348,00	12,00
Cumbal	28,00	48,00	2,00
El Tablón	2,50	5,00	2,00
El Tambo	20,00	70,00	3,50
Funes	40,00	108,00	3,00
Gualmatán	5,00	35,00	7,00
Imues	6,00	60,00	10,00
Ipiales	6,00	82,00	13,67
La Cruz	5,00	25,00	5,00
La Florida	45,00	315,00	7,00
Los andes	42,00	210,00	5,00

Nariño	3,00	15,00	5,00
Potosí	7,00	42,00	6,00
Providencia	8,00	48,00	6,00
Puerres	17,00	105,00	7,00
Samaniego	60,00	660,00	12,00
San Bernardo	3,00	15,00	5,00
San Pedro de Cartago	4,00	16,00	4,00
Sandona	5,00	30,00	6,00
Santa cruz	5,00	22,50	4,50
Tangua	40,00	150,00	4,29
Túquerres	27,00	175,00	7,00
Yacuanquer	3,00	8,00	4,00

ÁREA SEMBRADA POR MUNICIPIOS BENEFICIARIOS DIRECTOS

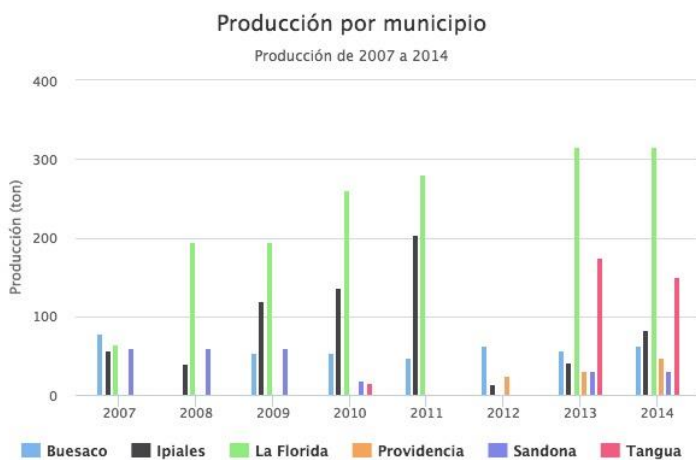


ÁREA TOTAL SEMBRADA EN MUNICIPIOS DE NARIÑO



La figura nos indica la reducción de área sembrada en cultivos de Tomate de árbol en la ventana de tiempo de 2007 a 2014, atribuida por distintos autores a la erradicación de cultivos afectados con enfermedades virales. El Municipio con mayor área sembrada es Samaniego con 60 has para el año 2014, notándose una disminución extrema en el área sembrada del Municipio de Tuquerres con un área sembrada de 362 ha en el 2011 a un área de 27 ha en 2014.

PRODUCCIÓN EN MUNICIPIOS BENEFICIARIOS DIRECTOS

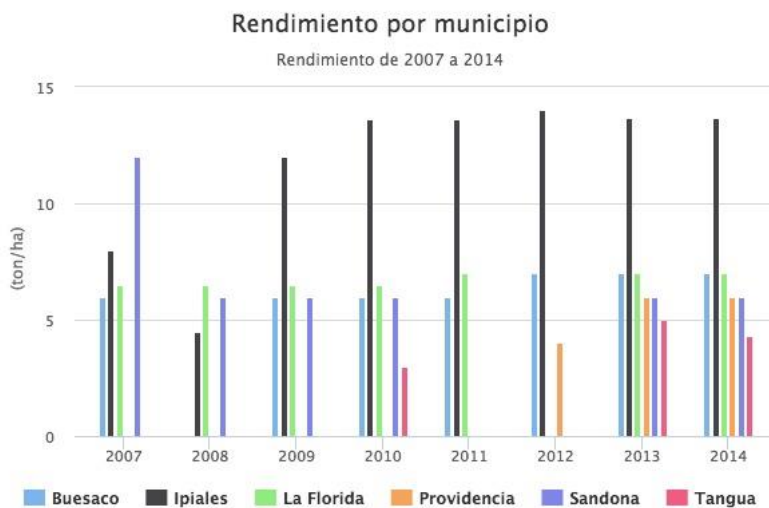


PRODUCCIÓN TOTAL EN MUNICIPIOS DE NARIÑO

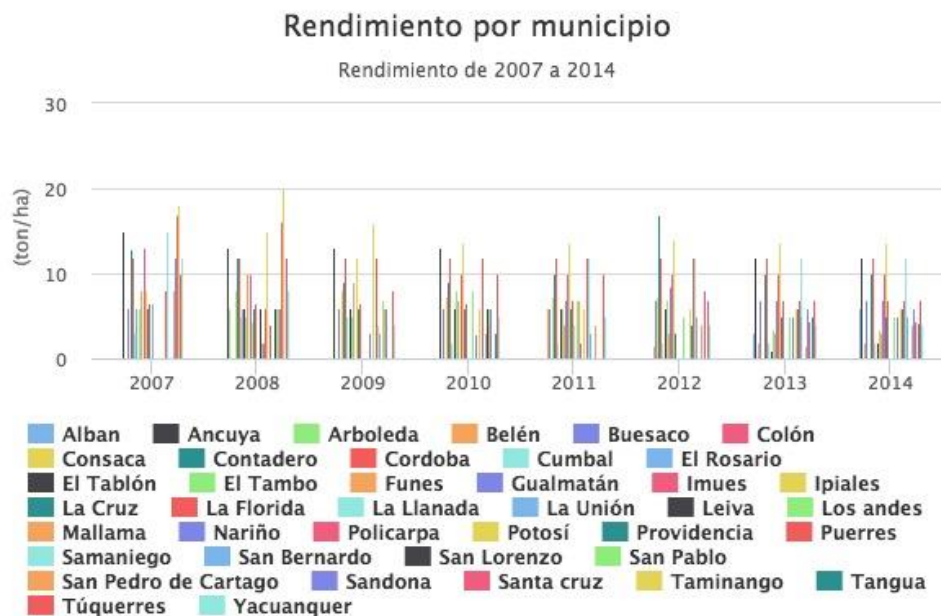


Según la figura, la producción también se ve disminuida en el periodo de tiempo indicado para cada municipio al igual que el de área sembrada. El municipio de mayor producción en el 2014 es Samaniego con 660 Toneladas.

RENDIMIENTO EN MUNICIPIOS BENEFICIARIOS DIRECTOS



RENDIMIENTO TOTAL EN MUNICIPIOS DE NARIÑO



Según la gráfica, el rendimiento también disminuye con el transcurso de los años. El municipio con mayor rendimiento para el año 2014 es Ipiales con 13.6 t/ha, los restantes tienen un rendimiento muy variable, posiblemente dado por condiciones agroclimáticas y geográficas del cultivo. Esto podría verse reflejado en el precio del producto por sectores.

14.2 Análisis del impacto económico de las infecciones virales en tomate de árbol

En la siguiente tabla se describen los costos de producción reales a diciembre de 2018, obtenidos a partir de un productor asociado (Comunicación personal Ever Melo, 2018), para una hectárea de cultivo de tomate de árbol:

AÑO 1		AÑO 1		
		CANT	VALOR UNIT.	VR TOTAL \$
PREPARACIÓN DEL TERRENO	JOR		20.000	20.000
AHOYADO Y SIEMBRA	JOR	25	20.000	500.000
FERTILIZACIÓN	JOR	15	20.000	300.000
CONTROL DE MALEZAS	JOR	60	20.000	1.200.000
CONTROL SANITARIO	JOR	30	20.000	600.000
PODAS Y OTRAS LABORES	JOR	8	20.000	160.000
RECOLEC-SELEC-EMPAQUE	JOR	0	20.000	0

TOTAL MANO DE OBRA	JOR	139	20.000	2.780.000
FUMIGADORA	UND	1	240.000	240.000
PLÁNTULAS	UND	1.100	500	550.000
FERTILIZ-COMPUESTO	KGS	825	1.900	1.567.500
CAL DOLOMITICA	KGS	1.000	300	300.000
FUNGICIDA	GLOBA L	1	2.350.000	2.350.000
ANTIVIRAL	SOBRE	7	80.000	560.000
INSECTICIDA	GLOBA L	1	1.600.000	1.600.000
NEMATICIDA BIOLÓGICO		80	10.000	800.000
AGRIMINS	KGS	55	1.800	99.000
NEMATICIDAS- RUGBY	KGS	30	40.000	1.200.000
TUTORADO- CINTAS-POSTES	UND	1100	6.200	6.820.000
HERRAMIENTAS	UND	2	90.000	180.000
EMPAQUES-CAJAS-PLAST	UND	52	15.000	780.000
TOTAL				22.606.500
RENDIMIENTO	TON	0		0

Actualmente en cultivos afectados por el virus en el primer año se eliminan aproximadamente 50 plantas por afectación. Si tenemos en cuenta que el costo por sitio es de \$20.551,36, el productor perdería \$1.027.568,18 pesos. Esto sin sumar el incremento que el productor tiene que contemplar para la eliminación y el replanteo para un total de \$ 2.055.136,36 pesos, los cuales el primer año no se recuperan, ya que la producción solo empieza a obtenerse en el segundo año. Este porcentaje de pérdidas económicas en establecimiento, llegaría a un 9.01%.

AÑO 2		CANT	VR UNIT	VR TOTAL \$
PREPARACIÓN DEL TERRENO	JOR	0	20.000	0
AHOYADO Y SIEMBRA	JOR	0	20.000	0
FERTILIZACIÓN	JOR	12	20.000	240.000
CONTROL DE MALEZAS	JOR	24	20.000	480.000
CONTROL SANITARIO	JOR	30	20.000	600.000
PODAS Y OTRAS LABORES	JOR	10	20.000	200.000

RECOLEC-SELEC-EMPAQUE	JOR	60	20.000	1.200.000
TOTAL MANO DE OBRA	JOR	127	20.000	2.540.000
FUMIGADORA	UND	0	240.000	0
PLÁNTULAS	UND	0	350	0
FERTILIZ-COMPUESTO	KGS	990	1.000	990.000
CAL DOLOMITICA	KGS	0	700	0
FUNGICIDA	GLOBAL	1	4.750.000	4.750.000
INSECTICIDA	GLOBAL	1	3.200.000	3.200.000
ANTIVIRAL	SOBRE	18	80.000	1.440.000
NEMATICIDA BIOLÓGICO		80	3.500	280.000
AGRIMINS	KGS	55	1.200	66.000
NEMATICIDAS- TEMIK	KGS	30	40.000	1.200.000
TUTORADO- CINTAS-POSTES	UND	0	3.200	0
HERRAMIENTAS	UND	2	90.000	180.000
EMPAQUES-CAJAS-PLAST	UND	18	12.000	216.000
TOTAL				17.582.000
RENDIMIENTO	TONS	35	1.600.000	56.000.000

En el primer semestre del segundo año se eliminan unas 100 plantas adicionales, equivalente a un valor aproximado de \$3.653.500, igualmente, sin tener en cuenta los costos de replanteo, si este se llevara a cabo. Hasta el momento, las pérdidas ascenderían a un 15% aproximadamente.

AÑO 3		CANT	VR UNIT	VR TOTAL \$
PREPARACIÓN DEL TERRENO	JOR	0	20.000	0
AHOYADO Y SIEMBRA	JOR	0	20.000	0
FERTILIZACIÓN	JOR	12	20.000	240.000
CONTROL DE MALEZAS	JOR	30	20.000	600.000
CONTROL SANITARIO	JOR	15	20.000	300.000
PODAS Y OTRAS LABORES	JOR	10	20.000	200.000
RECOLEC-SELEC-EMPAQUE	JOR	80	20.000	1.600.000
TOTAL MANO DE OBRA	JOR	147	20.000	2.940.000

FUMIGADORA	UND	0	240.000	0
PLANTULAS	UND	0	350	0
FERTILIZ-COMPUESTO	KGS	990	1.000	990.000
CAL DOLOMITICA	KGS	1000	700	700.000
FUNGICIDA	GLOBAL	1	4.750.000	4.750.000
INSECTICIDA	GLOBAL	1	3.200.000	3.200.000
NEMATICIDA BIOLÓGICO		80	3.500	280.000
AGRIMINS	KGS	55	1.200	66.000
NEMATICIDAS- TEMIK	KGS	30	40.000	1.200.000
TUTORADO- CINTAS-POSTES	UND	0	3.200	0
HERRAMIENTAS	UND	2	90.000	180.000
EMPAQUES-CAJAS-PLAST	UND	0	12.000	0
TOTAL				17.246.000
RENDIMIENTO	TONS	20	1.600.000	32.000.000

A partir del segundo semestre del segundo año, el virus ataca la mayoría de plantas, reduciendo la calidad y el rendimiento de la cosecha en un 60%, lo que se ve reflejado directamente en las ganancias y la dificultad de vender el producto en los mercados locales y especializados.

El costo de producción total para los tres años es de \$57.434.500 y el valor aproximado de la cosecha con un rendimiento del 40% es de \$88.000.000, con lo que podríamos inferir que el productor ha dejado de vender un 60% que corresponde a \$132.000.000 de pesos, teniendo en cuenta la disminución de la producción y de la calidad, ya que los frutos afectados, no son comercializables, y por lo tanto, se convierten en pérdida.

En el evento que contáramos con genotipos de Tomate de árbol con tolerancia a virus, podríamos aumentar los ingresos, tanto por evitar gastos innecesarios en establecimiento de cultivo, aplicaciones innecesarias para el control fitosanitario, aumento del rendimiento por unidad de área, por el incremento de los precios por calidad en apariencia y sanidad de los frutos, los cuales no serán castigados o desechados por los mercados. Estas condiciones favorecen la sostenibilidad social y económica del cultivo en los municipios productores de tomate de árbol del departamento de Nariño.

15. IMPACTOS ESPERADOS

15.1 Impactos del proyecto en el departamento de Nariño

En la naturaleza, las mutaciones espontáneas que se presentan en las distintas especies, son una fuente de variabilidad genética que sirve como una herramienta útil para seleccionar características deseadas frente a factores bióticos o abióticos, que le permiten generar mecanismos de supervivencia, que a su vez mejoran la especie de la que se esté hablando. En éste caso, hay tres espacios en los que el proyecto generaría aportes dentro del cultivo del tomate de árbol y, por ende a todo productores de los diferentes municipios del departamento. El primero se enfoca en la obtención de un genotipo de tomate de árbol tolerante a la virosis que, como se ha observado en el comportamiento colectivo de los diferentes tipos de productores frente a la utilización de nuevas variedades que ofrecen beneficios fitosanitarios y económicos, una vez los agricultores observan que dicha variedad aumenta la productividad y la calidad del cultivo, tienden a implementarlas en sus fincas. En segundo lugar el proyecto será liderado por ASOHOFRUCOL, quien tiene asociados en todos los municipios del departamento de Nariño y prestará apoyo en la parte técnica y divulgativa de los avances alcanzados. Por último, ésta investigación es la única propuesta científica enfocada a tomate de árbol en la región. Ninguna otra entidad académica y centro de investigación está enfocada al estudio de virus en tomate de árbol, por lo que generará un gran impacto a nivel académico, investigativo y productivo en el departamento.

15.2 Impactos ambientales y socioeconómicos.

- La vinculación de productores al proyecto se enfoca en la evaluación participativa que realizan en conjunto con los profesionales a través de ECAS y dialogo de saberes; y técnicos vinculados al proyecto, con el objetivo de que sean partícipes de las actividades del proyecto. En el 2025 se estima que los planes gubernamentales han cumplido con la meta de fortalecer la cadena hortofrutícola y se supone que por lo menos un 40% de los productores conozcan los resultados de esta investigación.
- Con el conocimiento generado que permitirá en una futura fase obtener genotipos tolerantes de tomate de árbol, se espera una reducción de la renovación temprana de cultivos, generando un impacto positivo en la disminución de costos de producción y simultáneamente evitar el uso de agroquímicos que no son efectivos en el control de esta enfermedad
- La evaluación de material genético en diferentes zonas del departamento de Nariño, genera la selección de materiales de tomate de árbol que se adaptan a las actuales condiciones de cambio climático.

15.3 Beneficios de los grupos de interés relacionados con la cadena

- El proyecto plantea la vinculación de la capacidad de observación y decisión de los productores y comercializadores de tomate de árbol para seleccionar, junto con el equipo

técnico, los cultivares de mejor desempeño bajo en cuanto a tolerancia al virus para sus condiciones ambientales.

15.4 Medio ambiente

- El germoplasma seleccionado se constituirá en un recurso natural que podrá ser aprovechado de acuerdo con sus propiedades de tolerancia al virus, dirigidas para atender nuevos proyectos de investigación y la segunda fase del mismo.
- Una vez utilizados los resultados de esta investigación para la generación de genotipos mejorados con características de tolerancia al virus, incidirá de manera favorable sobre el ecosistema, ya que reducirá el empleo de agro insumos.

16. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

Económica.

Los productos y resultados obtenidos mediante la ejecución de las actividades propuestas en este proyecto no se dan en términos de inversión o apoyo financiero a los beneficiarios, sin embargo, la obtención de nuevas tecnologías aplicables al cultivo de tomate de árbol en las zonas productoras del departamento de Nariño, generan un interés por parte de los productores hacia los procesos de investigación y un fortalecimiento de la cadena productiva mejorando la competitividad del cultivo.

Muchos productores podrán volver a tener como alternativa agrícola el cultivo de tomate, que en tiempo pasado brindó una aceptable fuente de trabajo y de generación de recursos.

Técnica.

La dotación de laboratorios con los equipos adquiridos por el proyecto representa un fortalecimiento en la capacidad científica, tecnológica e investigativa para la identificación molecular del virus de tomate de árbol, que será incorporada por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, CEAD Pasto.

La universidad será la responsable del mantenimiento, custodia y administración de los equipos, para continuar desarrollando actividades pedagógicas y de investigación posteriores.

Social

La socialización de las nuevas tecnologías obtenidas en el proyecto a través de diferentes productos, procesos, servicios, metodologías participativas y modelos de comunicación, tendrá como resultado el incremento en la competitividad, teniendo como base principal a los agricultores.

- a. La propuesta de socialización de resultados se fundamentará en las metodologías de Diálogo de Saberes y ECAs, tomando como principio el conocimiento de productores, asistentes técnicos, empresas privadas, entidades públicas y mixtas como las secretarías de agricultura (UMATAS).
- b. Las metodologías para “Diálogo de Saberes” son inclusivas a los agricultores desde su conocimiento y contexto social, donde sus tradiciones y los imaginarios en los procesos del cultivo, generan un sentido de interés por el conocimiento para su replicación a través del tiempo.
- c. Las Escuelas de Campo de Agricultores (ECAs) son plataformas participativas que fomentan las decisiones integrales y la innovación en la agricultura sostenible; están enfocadas hacia una educación agroecológica y un aprendizaje participativo.

Una de las estrategias para sustentar lo anterior, es el compromiso de la segunda fase del proyecto, la cual estaría orientada a la obtención de una variedad de tomate de árbol como materia prima de los agricultores y la demostración de su potencial productivo mediante ensayos de campo, tomando como testigo el cultivar de su preferencia.

17. MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS

	Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad e impacto	Efectos	Medidas de mitigación
1-Propósito (Objetivo general)	De costos	Aumentos de precios en los equipos y materiales acorde con la inflación y el IVA	Probabilidad: 3. Moderado Impacto: 3. Moderado	La adquisición de algunos equipos y materiales se ve comprometida.	Se considera el aumento de los precios de equipos y materiales en imprevistos del presupuesto del proyecto.
	Asociados a fenómenos de origen humano no intencionales: aglomeración de público	En caso de presentarse problemas de orden público, el monitoreo de los lotes experimentales y la programación de actividades para el manejo agronómico se vería afectado.	Probabilidad: 3. Moderado Impacto: 3. Moderado	Descuido de los lotes debido a bajo control y monitoreo	Elección de lotes donde con baja influencia de efectos de orden público y no muy alejados de las cabeceras municipales.
2-Componente (Productos)	Asociados a fenómenos de origen biológico: plagas, epidemias	Debido a las condiciones ambientales que se pueden presentar durante la evaluación de lotes experimentales, pueden existir focos de enfermedades y plagas limitantes que afecten el normal desarrollo del cultivo	Probabilidad: 3. Moderado Impacto: 3. Moderado	Perdida de lotes experimentales	Realizar aplicación de biocontroladores y ejecución de prácticas culturales de manejo preventivas
2-Componente (Productos)	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos, geológicos, otros	La variabilidad climática provoca fenómenos ambientales ajenos al manejo agronómico de los lotes experimentales, que pueden ocasionar daños a nivel de campo y ocasionar pérdidas de tratamientos	Probabilidad: 3. Moderado Impacto: 3. Moderado	Perdida de lotes experimentales	Todos los ensayos experimentales tendrán replicas. Además, se establecerán lotes con riego y drenaje para mitigar el efecto del clima
	Asociados a fenómenos de origen humano no intencionales: aglomeración de público	Problemas de orden público que atenten contra el equipo técnico del proyecto	Probabilidad: 3. Moderado Impacto: 3. Moderado	Zonas productivas sin muestrear	Cambio de rutas de recolección de muestras
3-Actividad	Operacionales	Inhibición de las reacciones de RT-PCR por agentes contaminantes	Probabilidad: 3. Moderado Impacto: 2. Menor	No amplificación de las secuencias	Modificación de protocolos de extracción de ácidos nucleicos
	Operacionales	Bajo porcentaje de germinación de plantas mutantes para recolección de material vegetal y caracterización molecular	Probabilidad: 3. Moderado Impacto: 3. Moderado	Retraso en la caracterización molecular de las plantas mutantes	Incremento en el número de semillas tratadas con DES
	Operacionales	Baja adopción de prácticas de manejo nutricional adecuadas para el cultivo de tomate de árbol	Probabilidad: 3. Moderado Impacto: 3. Moderado	Desbalance nutricional en las plantas de tomate de árbol que aumentan la susceptibilidad a enfermedades virales	Divulgación de resultados parciales y finales contemplados en cada objetivo del proyecto, enfocados al fortalecimiento de prácticas de manejo adecuadas en cuanto a nutrición del cultivo
	Asociados a fenómenos de origen humano no intencionales: aglomeración de público	Falta de compromiso de agricultores	Probabilidad: 2. Improbable Impacto: 3. Moderado	Baja adopción de nuevos conocimientos obtenidos por el proyecto	Apoyo en entidades como UMATAS, ASOFRUCOL y ALCALDÍAS para fomentar la participación de productores en el proyecto y jornadas de socialización a lo largo de la ejecución del proyecto

17.1 Contribución del proyecto a la adaptabilidad en la variabilidad climática

El uso de la herramienta como el mejoramiento genético permite seleccionar las mejores características del cultivo para minimizar las probabilidades de perjuicios ocasionados por factores externos. A través de la ampliación de la base genética en genotipos de tomate de árbol, se pretende generar conocimiento para la obtención de nuevas variedades vegetales que permitan enfrentarse a los retos del futuro. Adicionalmente, los genotipos que resulten tolerantes al virus podrán adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, teniendo en cuenta las evaluaciones de adaptabilidad y estabilidad.

Indirectamente en el objetivo 1, al analizar las condiciones climáticas en las cuales se ve favorecida las infecciones virales, podemos identificar mutantes naturales de los genotipos de tomate que hayan evolucionado a los fenómenos climáticos que se presenten durante el desarrollo de este objetivo y que generan pérdidas debidas a estreses abióticos como por ejemplo sequía, inundación, heladas, etc.

18. DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO

El tomate de árbol es uno de los cultivos frutales con mayor potencial para su producción intensiva en los Andes colombianos, al presentar gran cantidad de características organolépticas y nutricionales de interés para la industria de alimentos y los mercados nacionales e internacionales de fruta fresca (Jaramillo *et al.*, 2012). Estas condiciones, sumadas a su utilización para la sustitución de cultivos ilícitos en el país, condujeron al aumento de su área de siembra durante la década de 1990, alcanzando cerca de 7.500 ha. Sin embargo, en los últimos años esta situación ha cambiado dramáticamente debido a diferentes problemas fitosanitarios entre los que se destacan la antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) y la denominada virosis que, de acuerdo con trabajos recientes, es causada por un complejo conformado por al menos cuatro virus principales (Potyvirus, PLRV, CMV y ToMV) y otros que aparentemente presentan menores niveles de incidencia (AMV, ToRSV y TSWV) (Jaramillo *et al.*, 2014).

Debido al gran impacto que ha cobrado esta enfermedad en el cultivo del tomate de árbol en Colombia, se está incursionando en la investigación de los principales grupos de virus asociados a la virosis, base de información para el diseño de herramientas de detección. La "virosis" ha disminuido drásticamente la producción de tomate (Jaramillo *et al.*, 2011). Esta enfermedad fue reportada por primera vez en 1991 en el norte de la provincia de Antioquia (Colombia) y actualmente afecta a todo el cultivo de Tomate en todas las regiones productoras en el país. Recientemente, se ha demostrado la asociación del *Virus del mosaico del pepino* (CMV) y *Virus del enrollamiento de la papa* (PLRV) con esta enfermedad, así como de al menos dos potyvirus diferentes: *Virus Y de la papa* (PVY) y un potyvirus que ha sido denominado (TaLMV) (Ayala *et al.*, 2010; Jaramillo *et al.*, 2011; Gutierrez *et al.*, 2014).

En Colombia se producen dos tipos de variedades: el tomate de árbol común que presenta frutos de color amarillo-naranja y el tomate que produce frutos rojos. Este último es el que exporta Colombia a Ecuador, Holanda y España, principalmente. En 2004 su producción alcanzó 118.226 ton, es decir el 4.1% de la producción de frutas frescas del país, sin contar el banano. En 2014, su cultivo se extendía a cerca de 7.646 ha distribuidas en 18 departamentos del país, de los cuales Antioquia, Cundinamarca, Tolima, Boyacá, Huila, Santander, Cesar, Valle y Nariño, sumaban el 90% del área cosechada total. La producción promedio alcanza 18.2 ton/ha, aunque Antioquia presenta un rendimiento significativamente superior (31.2 ton/ha), mientras que Nariño, para el año 2012 tiene una producción bastante menor que los otros departamentos, con un promedio de 8.7 ton/ha, con 824has sembradas y una producción de 7.236 toneladas totales, lo que evidencia la gran problemática que se presenta en el departamento, dejándolo fuera del mercado internacional (Portal territorial Nacional MinCIT- Nariño, 2013). Durante el período 1992-2003 el área sembrada de este cultivo presentó un aumento de 6.1% anual en el país (Gobernación de Cundinamarca, 2005); sin embargo, en los últimos años esta tendencia se ha revertido en los principales departamentos cultivadores, donde la extensión del cultivo se ha reducido principalmente por diversos problemas fitosanitarios. Así, por ejemplo, en Nariño el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) la reducción del cultivo del tomate de árbol decayó drásticamente, reportándose un área sembrada para 2016 de 257,30ha, reduciéndose en un 31,23%, con una producción de 1800,42 ton, bajando de una participación en producción nacional de 3% a 0,95. Así mismo, se reporta que para el año 2007, el área de siembra de este frutal se redujo en 1.533 ha como resultado de pérdidas directas (1.260 ha) o de la erradicación de los cultivos por parte de los agricultores (273 ha). En Cundinamarca, la situación es aún más preocupante, por cuanto para el año 2005 tan solo se reportaron 751 ha del cultivo con rendimientos en promedio de 15.5 ton/ha, los cuales resultan muy inferiores a los rendimientos de Antioquia y representan una reducción del 55% con respecto al área destinada al cultivo en el año 2000 en este departamento (Gobernación de Cundinamarca, 2000 y 2005). La importancia de la incidencia de la enfermedad en los otros departamentos productores, radica en que los agricultores no tienen o usan sistemas de producción certificada de semilla, lo que significa que utilizan semilla de frutos infectados con enfermedades virales, diseminando la enfermedad dentro y fuera de sus parcelas, ya que este ejercicio se ve beneficiando por insectos vectores a los cuales no se controlan con ninguna estrategia de manejo. Todo lo anterior se agrava, debido a que la investigación en Virus que afectan al cultivo del tomate de árbol es limitada, bien sea porque la producción se restringe a pocos países, los cuales no cuentan con programas de manejo de la enfermedad, bien sea con el uso de variedades resistentes o de estrategias de mitigación de la enfermedad, resultado de la reducida información científica que se tiene al respecto. Hasta el momento, solo se han encontrado dos genotipos de tomate de árbol, resistentes al *Virus de la mancha aceitosa*, los cuales se observaron en una evaluación de 47 genotipos colectados en Nariño y Putumayo (Salazar *et al.*, 2010), los cuales no han sido adoptados por los productores, ya que como se ha mencionado, el cultivo es afectado por un complejo viral en el cual intervienen hasta cuatro virus en la misma infección o posiblemente debido a sus características organolépticas o morfológicas, las cuales no favorecen su comercialización, pero que pueden servir de parentales como fuente de variabilidad en programas de mejora genética que involucre la resistencia a Virus

19. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES FISICAS Y FINANCIERAS

NOTA ACLARATORIA: el cronograma que se incluye a continuación es un resumen de actividades por periodos anuales debido a que por la extensión del documento no se puede ajustar al contenido a la página, no obstante, en el anexo 1 “CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES TECNICAS Y FINANCIERAS”, se realiza la descripción de las actividades del proyecto de manera mensual.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES		Actividad (des) relacionada (s) a cada resultado y objetivo específico	Indicador (es) o entregables por resultado	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
No. Objetivo	Objetivo							
1	Identificar la zonificación geográfica de virus prevalentes que afectan el cultivo de Tomate de Árbol <i>Solanum betaceum</i>	1.1 Georreferenciar la ubicación actual de la enfermedad	Documentos de planeación. Capítulo para el plan de competitividad del sector Hortofrutícola de Nariño: Zonas geográficas potenciales para el desarrollo del cultivo como alternativas de mitigación para evitar la diseminación de virus.					
		1.2. Recolectar muestras vegetales de plantas con presencia de síntomas						
		1.3. Realizar modelación espacial de la distribución geográfica actual y potencial de la enfermedad						
2	Caracterizar molecular y biológicamente los principales virus que afectan la sanidad del cultivo de tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>	2.1. Detectar molecularmente la virosfera prevalente que infectan el tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>	Bases de datos de la caracterización biológica y molecular registradas en GenBank Producto: Servicio de acceso a bibliografía especializada Indicador: Bases de datos disponibles para consulta por actores del SNCTI					
		2.2. Identificar los virus prevalentes mediante secuenciación y análisis bioinformáticos de sus genomas						
		2.3. Caracterizar biológicamente la infección de los virus prevalentes que infectan el tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>						
3	Ampliar la variabilidad genética dentro de la especie <i>Solanum betaceum</i>	3.1. Inducir variabilidad genética mediante el agente mutagénico DES en genotipos de <i>Solanum betaceum</i>	Artículo de investigación relacionado con la ampliación de la variabilidad genética dentro de la especie <i>Solanum betaceum</i> con agentes mutagénicos Producto: Artículos de investigación Indicador: Artículos publicados en revistas indexadas nacionales e internacionales					
		3.2. Determinar la variación citogenética inducida en las plantas tratadas con DES						
		3.3. Detectar molecularmente la variación genética inducida en las plantas tratadas con DES						
4	Seleccionar genotipos de <i>Solanum betaceum</i> con potencial agronómico tolerantes a virus prevalentes	4.1. Evaluar y seleccionar en ensayos de infectividad genotipos de <i>Solanum betaceum</i> tolerantes a virus prevalentes	Documento de mejoramiento genético en tomate de árbol: Obtención de un genotipo de <i>Solanum betaceum</i> con potencial agronómico tolerante a virus prevalentes Producto: Documentos de investigación Indicador: Libros y/o capítulos de libros resultados de					
		4.2. Evaluar la adaptabilidad y estabilidad de los genotipos tolerantes al virus prevalente						

20. TABLA DE PRODUCTOS E INDICADORES DE LA PROPUESTA

Obj	Objetivo	Producto según MGA y Nombre del Producto	Descripción del producto resultado(s) por objetivo específico	Indicador (es) o entregables por resultado
1	Identificar la zonificación geográfica de virus prevalentes que afectan el cultivo del Tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i> .	Documentos de planeación	Zonas productoras de Tomate de Árbol caracterizadas agroecológicamente, que permitan identificar la distribución y movilidad de los virus prevalentes de este cultivo. Igualmente, establecer épocas de cultivo basadas en pronósticos climáticos lo que permitirá diseñar políticas de corto, mediano y largo plazo para hacer del cultivo un modelo productivo que permita general tecnologías y trazar políticas que redunden en el mejoramiento de la calidad de vida de los productores del departamento de Nariño.	Capítulo para el plan de competitividad del sector Hortofrutícola de Nariño: Zonas geográficas potenciales para el desarrollo del cultivo como alternativas de mitigación para evitar la diseminación de virus. Producto: Documentos de planeación Indicador: Documentos de planeación elaborados
2	Caracterizar molecular y biológicamente los principales virus que afectan la sanidad del cultivo de tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i>	Servicios de acceso a bibliografía especializada	Descriptorios validados para los principales virus del Tomate de Árbol. Una metodología calibrada para la extracción y amplificación de ARN viral.	Bases de datos de la caracterización biológica y molecular registradas en GenBank Producto: Servicio de acceso a bibliografía especializada Indicador: Bases de datos disponibles para consulta por actores del SNCTI
3	Ampliar la variabilidad genética dentro de la especie <i>Solanum betaceum</i>	Artículos de investigación	Genotipos con amplia base genética con algún grado de tolerancia a virus prevalentes del tomate de árbol	Artículo de investigación relacionado con la ampliación de la variabilidad genética dentro de la especie <i>Solanum betaceum</i> con agentes mutagénicos Producto: Artículos de investigación Indicador: Artículos publicados en revistas indexadas nacionales e internacionales
4	Seleccionar genotipos de <i>Solanum betaceum</i> con potencial agronómico tolerantes a virus prevalentes	Documentos de investigación	Genotipos con algún grado de tolerancia a los principales virus que afectan los Cultivos de Tomate de Árbol, seleccionados a partir de evaluaciones <i>in vitro</i> , invernadero y campo, y una colección de germoplasma disponible para futuras investigaciones.	Documento de mejoramiento genético en tomate de árbol: Obtención de un genotipo de <i>Solanum betaceum</i> con potencial agronómico tolerante a virus prevalentes Producto: Documentos de investigación Indicador: Libros y/o capítulos de libros resultados de investigación

20. BIBLIOGRAFIA

ACQUAAH, G. (2007). Principles of Plant Genetics and Breeding. Malden, Blackwell Publishing. 569p.

AGRONET. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia. 2014. Sistemas de estadísticas agropecuarias.

ÁLVAREZ, J., COTES, J., MARIN, M. 2011. Detección de virus asociados al material de siembra de tomate de árbol en Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 9 No. 1. P 43 – 50.

ÁLVAREZ, J. (2010). Caracterización serológica y molecular de virus asociados al material de siembra de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Bosh) en Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Bogotá, Colombia. 144 p.

ARTURO, J. Y GOYES, F. (2003). Caracterización biológica de un virus en tomate de árbol (*Solanum betacea* [Sendt.]) presente en el departamento de Nariño. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 73p.

ARTURO, J. Y GOYES, F. (2003). Caracterización biológica de un virus en tomate de árbol (*Solanum betacea* [Sendt.]) presente en el departamento de Nariño. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 73p.

AYALA, M. (2009). Caracterización del Potyvirus asociado a la virosis del tomate de árbol en Antioquia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 96 p. Medellín, Colombia.

AYALA M, GONZÁLEZ P, GUTIERREZ P, COTES J, MARÍN M (2010) Caracterización serológica y molecular de potyvirus asociados a la virosis del tomate de árbol en Antioquia (Colombia). Acta Biológica Colombiana 15:143–162

AYALA, M (2009). Caracterización del Potyvirus asociado a la virosis del tomate de árbol en Antioquia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín, Colombia. 96 p.

BERNAL, J. Y DIAZ, C.A. 2003. Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Manual Técnico 3. Rionegro, Antioquia, CORPOICA. 128p.

BERNAL J., SALDARRIAGA A., ZAPATA J. 2013. Estudios de la transmisión del virus de tomate de árbol. CORPOICA. Centro de investigación “La Selva”. Rionegro, Antioquia. 15 p.

BERNAL, J. A. y TAMAYO, P. J. (2003) Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Manual técnico No. 3. Centro de investigación La Selva. Corpoica.

BERRIO L., TORRES E., BARONA J., CUASQUER J., *Agronomía Mesoamericana*. 27(2):217-231. 2016 ISSN 2215-3608 doi: <http://dx.doi.org/10.15517/am.v27i2.20695>

BETANCOURTH, C.; GOYES, R. y BRAVO, D.A (2003). Caracterización biológica de un virus del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Send) en el departamento de Nariño. En: *Fitop. Col.* Vol. 27, p. 7-10.

BROWN, A.H.D. 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them in situ on farms. Brush, S.B. (Editor). *Genes in the field*. Boca Raton, FL, USA, IPGRI, IDRC, Lewis Publishers. pp. 29-48.

CHÁVEZ, B. y VARÓN, F (2001). Enfermedad de etiología viral en cultivos de tomate de árbol. En: *Epidemiología Agrícola*. p. 39-43.

SALAZAR, C., BETANCOURTH, C., LÓPEZ, L. Y MÁRQUEZ, M. (2010). Evaluación De Genotipos De Tomate De Árbol (*Solanum Betaceum* Cav.) Y De Tomate Silvestre (*Cyphomandra Sibundoyensis* Bohs) Al Virus De La Mancha Aceitosa. *Agronomía*. 18 (1): 41 – 46.

Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2006). Obtenido de <http://www.agrocadenas.gov.co/>

COOPER, H.D., SPILLANE, C. Y HODGKIN, T. 2001. Broadening the genetic base of crops: an overview. In: Cooper, H.D., Spillane, C. y Hodgkin T. (Editors). *Broadening the genetic base of crop production*. Wallingford, UK., IPGRI, FAO. CABI Publishing, pp.1-23.

CRUZ, L. (2005) Identificación de virus en *Solanum betaceum*. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Bogotá, Colombia. 48 p.

CUSPOCA, J. (2007). Evaluación de virus de tomate de árbol (*Solanum betacea*) en plantas indicadoras y su detección por PCR. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Bogotá, Colombia. 31 p.

DELLAPORTA, S.L., WOOD, J. Y HICKS, J.B. 1983. A plant DNA miniprep: Versión II. *Plant Mol Biol Rep.* 1(14): 19-21.

EAGLES, R.; GARDNER, R. y FORSTER, R. (1994). Incidence and distribution of six virus infecting Tamarillo (*Cyphomandra betaceum*) in New Zealand. En: *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.*. Vol. 22, p. 453-458.

ESPINAL, C.F., MARTINEZ, H.J. Y PEÑA, Y. 2005. Cadena de los frutales de exportación en Colombia: mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de trabajo No. 67. 68p.

FAO. 1994. *Zonificación agroecológica. Guía general. Boletín de suelos de la FAO 73.*

FEICAN, C. ENCALADA, C. LARRIVA, W. 1999. El Cultivo del Tomate de Árbol. Estación Experimental Chuquipata. Granja Experimental Bullcay. Programa de Fruticultura. Cuenca, Ec. p. 9, 26-45.

FLETCHER, J. D. (1987). New plant diseases records in New Zealand: Additional hosts of alfalfa mosaic virus and cucumber mosaic virus. En: N. Z. J. Agric. Res. Vol. 30, p. 505-506

FORSTER, B.P. Y SHUB, Q.Y. 2011. Plant Mutagenesis in Crop Improvement: Basic Terms and applications. In: Shu, Q.Y., Forster, B.P. y Nakagawa H. (Editors). Plant Mutation reeding and Biotechnology. Vienna, Austria, Plant Breeding and Genetics Section Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture International Atomic Energy Agency. 589p.

GIBBS, A. Y MACKENZIE, A. (1997). A primer pair for amplifying part of the genome of all potyvirids by RT-PCR. En: J. Virol. Methods. Vol. 63, p. 9-16.

GIL, J. F., AYALA M. L., MARÍN, M. GONZÁLEZ, E. (2009). Identificación de Potyvirus en cultivos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en Antioquia mediante detección serológica. En: Revista Politécnica. Vol. 8, p. 112-120.

Gobernación de Antioquia. (2008). Anuario Estadístico Agropecuario Año 2007: Estadísticas Agropecuarias por consenso. Obtenido de <http://www.antioquia.gov.co/>

Gobernación de Cundinamarca. (2002). Anuario Estadístico Agropecuario Año 2000: Estadísticas Agropecuarias por consenso. Obtenido de <http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/>

GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA. Anuario Estadístico Agropecuario Año 2005: Estadísticas Agropecuarias por consenso. 2006. Url disponible en: www.planeacion.cundinamarca.gov.co

GUTIÉRREZ A Y ALZATE J (2015). Genome sequence of a virus isolate from tamarillo (*Solanum betaceum*) in Colombia: evidence for a new potyvirus Archives of Virology 160:557–560.

HEISER, C. 1993. Naranjilla (*Solanum quitoense*), de cocona (*Solanum sessiliflorum* and their hybrid. In: Gustafson, J. (Edit). Gene Conservation and Exploitation. New York: Plenum Press. pp. 29-34.

HSU YC, YEH TJ, CHANG YC (2005). A new combination of RT-PCR and reverse dot blot hybridization for rapid detection and identification of potyviruses. *J Virol Methods*;128:54-60.

<http://ictvonline.org/>

<http://www.dane.gov.co/>

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2014. Centro de Excelencia Fitosanitaria (CEF).

JARAMILLO M, ÁLVAREZ J, MARÍN M. 2012. Características de los virus asociados a la virosis del tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en Colombia. *Revista Lasallista de Investigación - Vol. 9 No. 1*.

JARAMILLO M, GUTIERREZ P, LAGOS LE, COTES JM, MARIN M (2011) Detection of a complex of viruses in tamarillo (*Solanum betaceum*) orchards in the Andean region of Colombia. *Trop Plant Pathol* 36:150–159.

JARAMILLO ZAPATA M., ÁLVAREZ J. A., MONTOYA M. (2012). Características de los virus asociados a la virosis del tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en Colombia *Revista Lasallista de Investigación - Vol. 9 No. 1 - :PP115 – 127*

JARAMILLO, M (2009). Análisis serológico y molecular de virus asociados al cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Medellín, Colombia. 127 p.

JUDD, W., CAMPBELL, C., KELLOGG, E., STEVENS, E. and DONOGHUE, M. 2002. *Plant Systematics: Phylogenetic approach*. Massachusetts: sinaver Associates. p. 115,438.

LAGOS, L. 2012. Evaluación del potencial genético de algunos parentales de tomate de árbol *Cyphomandra betacea* Cav. Sendt. a partir de un dialélico parcial circulante. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

LAGOS, T.C. 2006. Biología reproductiva, citogenética, diversidad genética y heterosis en parentales de uvilla o uchuva *Physalis peruviana* L. Tesis doctorado en Ciencias Agrarias, énfasis fitomejoramiento. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 128p.

LAGOS, T.C., CRIOLLO, H. Y BENAVIDES, C.A. 2013, Adaptabilidad de genotipos de *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt: aplicación práctica. Editorial Académica Española, Saarbrücken. 92p.

LOBO, M. 2000. Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva. En: Memorias 3° Seminario de frutales de clima frío moderado. Centro de desarrollo tecnológico de frutales, Manizales, Colombia, 15-17 de noviembre de 2000 pp. 27-36.

LOBO, M. 1992. Los recursos fitogenéticos: evolución, tipos y utilización. En: Memorias Curso internacional sobre recursos fitogenéticos. Vol. 1. 9 de noviembre-4 de diciembre de 1992. Universidad Nacional de Colombia, ICETEX, IBPGRI, OEA, Universidad del Valle. Palmira, Colombia.

LÓPEZ-LÓPEZ, K., RODRÍGUEZ-MORA, D., & VACA-VACA, J. 2013. Optimización de las condiciones de inoculación por biobalística de un Begomovirus en tomate y tabaco. Rev. Col. Biot, 15(2), 8-17.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2014. Observatorio agrocadenas Colombia.

NEI, M. Y LI, W.H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restricción endonucleasa. Proc Nat Acad Sci. 79: 5267-5273.

NEI, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Gent. 89: 583-590.

OCHOA, L., INSUASTI, A. (2005). Etiología de las enfermedades virales del tomate de árbol en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito (Ecuador). En: Informe Técnico Anual - INIAP (Ecuador). Est. Exp. Santa Catalina. Departamento Nacional de Protección Vegetal estudios agronómicos, fitopatológicos y entomológicos de frutales nativos andinos,. p. 1-4.

PABÓN, L.A. 2011. Inducción de mutaciones mediante radiaciones gamma de (*Passiflora edulis* Sim var. *edulis*). Tesis Maestría en Ciencias Biológica. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 105p.

PABLO A. GUTIÉRREZ • JUAN F. ALZATE • MAURICIO M. MONTOYA. 2015. Genome sequence of a virus isolate from tamarillo (*Solanum betaceum*) in Colombia: evidence for a new potyvirus Archives of Virology 160:557–560.

PEÑAFIELD, N., ARAHANA, V., TORRES, M. 2009. Evaluación de la variabilidad genética del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en los cultivos de tres provincias del Ecuador por medio de marcadores microsatélites. Revista USFQ, Vol. 1 No. 1.

PRINA, A., LANDAU, A., PACHECO, M.G. Y HOPP, E. 2010. Mutagénesis, TILLING y EcoTILLING. En: Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., Hopp, E. y Mroginski, L. (Editores). Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. 2ª. Edición. Argenbio, Argentina. 650p.

Procolombia. Exportaciones de frutas exóticas en Colombia. Consultado agosto 2016, en: www.procolombia.co/node/1256

RIECHMANN JL, CERVERA MT, GARCIA JA. (1995). Processing of the plum pox virus polyprotein at the P3-6K1 junction is not required for virus viability. *J Gen Virol.* ;76:951-956.

RIECHMANN JL, LAIN S, GARCIA J. (1992) Highlights and prospects of potyvirus molecular biology. *J Gen Virol.*;73:1-16

RODRÍGUEZ, V. (2010). Identificación serológica y molecular de los agentes causales asociados a enfermedades virales del tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en cultivos del municipio de Córdoba (Nariño). Trabajo de Grado en Biología. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 89 p.

RODRÍGUEZ, V; JARAMILLO, M; LAGOS, L; GUTIÉRREZ, P; MARÍN, M. 2011. Identificación serológica y molecular de virus del tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en cultivos de Córdoba (Nariño, Colombia). *Revista Lasallista de Investigación.*

SALAZAR C, BETANCOURTH-GARCIA C, LÓPEZ L, MÁRQUEZ M, 8. (2010) evaluación de genotipos de tomate de árbol (*solanum Betaceum cav.*) Y de tomate silvestre (*cyphomandra Sibundoyensis boh*s) al virus de la mancha aceitosa.

SALDARRIAGA A, ZAPATA JL, BERNAL J. Evaluación de la transmisión del virus del tomate de árbol. Informe final (proyecto CORPOICA-PRONATTA). 1998.

SALDARRIAGA A, BERNAL J, TAMAYO P. Virosis del tomate de árbol. En: Boletín técnico CORPOICA. Enfermedades del cultivo de árbol en Antioquia: Guía de reconocimiento y control. 1997

SALDARRIAGA, A.; BERNAL, J.c.A. y TAMAYO, P (1997). Virosis del tomate de árbol. In: Enfermedades del cultivo de árbol en Antioquia: Guía de reconocimiento y control. Boletín técnico CORPOICA.

SALDARRIAGA, A. y BERNAL, J. A. (1994). Virus en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt). p. 5. En: XV Congreso Asociación Colombiana

SAÑUDO, B. y ORELLANA, G. (1989). Un virus afectando tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en Valle del Sibundoy, Putumayo. En: ASCOLFI Informa. Vol. 15, p. 24.

Secretaria de Agricultura del departamento de Nariño. (2014). Consolidado Agropecuario Nariño 2014.

SHUKLA DD, WARD CW, BRUNT AA. (1994). *The Potyviridae*. Wallingford: CAB International. p. 448.

TAMAYO, P., ZAPATA, J., & SALAZAR, L. (1999). El mosaico y la virosis del tomate de árbol en el altiplano norte de Antioquia. *Rev Fac. Nal Agr*, 52, 781 - 785.

TAMAYO, P. J. (1996) Enfermedades Virales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav. Sendt.) en Colombia. En: *ASCOLFI Informa*. Vol. 22, p. 26-29.

TAMAYO, P. J. (1996). Enfermedades Virales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav). Sendt.) en Colombia. En: *ASCOLFI Informa*. Vol. 22, p. 26-29.

TAMAYO, P. J. (1996). Mosaico del tomate de árbol. En: *ASCOLFI Informa*. Vol. 16, p. 54-55.

TAMAYO, P. (1990). Mosaico del tomate de árbol. *ASCOLFI Informa*, 16(54 - 55).

TROPA, S. 2010. Inducción de mutaciones en quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y selección de líneas tolerantes a imidazolinonas. Tesis Licenciatura en Agronomía. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 47p.

VAN-REGENMORTEL MHV, FAUQUET CM, BISHOP DHL, CARSTENS EB, ESTES MK, LEMON SM, (2000). *Virus taxonomy. Seventh report of the International Committee on taxonomy of viruses*. San Diego: Academic Press.

VERCHOT J, CARRINGTON JC (1995). Debilitation of plant potyvirus infectivity by P1 proteinase-inactivating mutations and restoration by second site modifications. *Journal of Virology*. 1995;69:1582-1590.

VERCHOT J, KOONIN EV, CARRINGTON JC (1991). The 35-kDa protein from the Nterminus of the potyviral polyprotein functions as a third virus-encoded proteinase. *Virology*.185:527-535.

VIZUETE, M. L. INSUASTI, J. OCHOA, AND M. ELLIS. (1990). Biological and serological characterization of tree tomato virus diseases in Ecuador. Ohio, USA: INIAP, Ohio State University. 3 p.

22. RIEGO INSTALADO PARA EQUIPAMIENTO

