



Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación



Proyecto de Investigación 2018

Unidad:	Saltillo	División:	Agronomía	Departamento:	Fitomejoramiento
Tema estratégico (ANA/PEP):	Tecnologías de Granos y Semillas				
Línea de investigación:	Tecnología en Granos y Semillas Postcosecha. Sanidad de Granos y Recursos Fitogenéticos				
Mitigación de la patogenicidad del virus del mosaico del tabaco (TMV), utilizando nanotecnología en el desarrollo de la planta de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)					
Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000)	\$ 65,000.00	El proyecto es:	Nuevo	<input checked="" type="checkbox"/>	Continuación
Tipo de investigación:	Básica	Aplicada	<input checked="" type="checkbox"/>	Tecnológica	e-mail del responsable
Vinculación:	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	Fondos concurrentes:	
Cooperante(s):	Empresa Nanofactor				
Entidad (es):	Coahuila	Municipio (s):	Saltillo		
Localidades:	Saltillo, Coahuila.				
A realizar durante el(los) año(s):	2018 -2019				
Participantes		Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma	
Responsable	Dra. Leila Minea Vázquez Siller.	TGS	3664		
Colaborador:	Dra. Norma A. Ruiz Torres.	TGS	3163		
Colaborador:	M.C. Alfredo Sánchez López.	HOR	1726		
Colaborador:	Dr. Alfonso López Benítez	FIT	797		
Colaborador:					
Colaborador:					
		Grado por obtener	Matrícula	Firma	
Tesista:	Omar Cordero García	Maestría	41100724		
Programa Docente:					
Tesista:					
Programa Docente:					
Tesista:					
Programa Docente:					
Vo. Bo.			Autoriza		
Firma y sello					
Nombre	Dr. Alfonso López Benítez Jefe de Departamento		Dr. Armando Robledo Olivo Subdirector de Programación y Evaluación		

Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo

1.-Título del proyecto

Presupuesto solicitado:

Mitigación de la patogenicidad del virus del mosaico del tabaco (TMV), utilizando nanotecnología, en el desarrollo de la planta de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).	65 000.00
--	-----------

2.- Introducción

En México la horticultura es una actividad agrícola de importancia tanto en el plano social como en el económico, por la captación de divisas y la generación de empleos (Sandoval, 2004). México se sitúa como el séptimo productor mundial de frutas y hortalizas, con un total de 32 millones de toneladas anuales (Bustos, 2017). La producción de hortalizas se ha incrementado en los últimos años con el uso de agricultura protegida, la adopción de mejores tecnologías es un requisito para que los productores mejoren su competitividad, en la que el uso de invernaderos ha mejorado no solo los productos de consumo sino también la producción de semillas certificadas hortícolas (CEDRSSA, 2015). El Gobierno Federal Mexicano ha emitido cifras que aseguran estar aumentando aproximadamente 1.200 hectáreas anuales en dichos cultivos. México exporta el 86 % de su producción a Estados Unidos principal socio comercial, 3.7 % a Canadá, 3 % a Reino Unido, 1.4 % Países Bajos y el 5.9 % a otros países (Chávez, 2014). Dentro de esta producción en invernadero el 98% de sus cultivos se destinan a la horticultura, dividida en tres principales productos: 70% de tomates, 16% de pimientos y 10% de pepinos (SAGARPA, 2016). El tomate es económicamente uno de los cultivos hortícolas más importantes en México. Entre 2015 y 2016 se reportó un crecimiento en la producción de tomate cercano a las 200 mil toneladas, lo que significa un aumento a tasa anual de 7.8 por ciento al pasar de dos millones 570 mil toneladas a dos millones 769 mil toneladas. México ocupa el primer lugar en exportaciones de tomate a nivel mundial en 2016, con un total del 32% representando 1, 748,858 toneladas. Así mismo se reportó que al onceavo mes de 2016, las exportaciones de esta hortaliza alcanzaron los mil 773 millones de dólares. (SAGARPA, 2007).

El cultivo de tomate se ve afectado por diversos factores; entre ellos, la incidencia creciente de plagas y enfermedades. Las plagas más comunes son: la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), pulgones o áfidos (*Mizus persicae*), trips (*Frankiniella occidentalis*), y el minador de la hoja (*Lyriomisa sativae*) (SAGARPA, 2010). Las enfermedades más comunes son: la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*), tizón temprano (*Alternaria solani*), cenicilla polvorienta (*Oidiopsis taurica*), el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Félix et al., 2012), así mismo es afectado por mas de 20 virus, de los cuales los mas importantes son los virus del mosaico (TMV), virus del jaspeado del tabaco (VJT), virus de la mancha anular del tomate (VMAT), virus del mosaico del pepino (CMV), virus de la marchitez manchada del tomate (VMMT), el virus Y de la papa (PVY) y el virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas (CYSDV) (Jones et al., 2014). El virus del mosaico del tomate (TMV) es una de las principales enfermedades virales en el tomate, se encuentra ampliamente distribuido por todo el mundo (CABI, 1997), en condiciones de invernadero causan daños graves y pérdidas en la cosecha del 15 al 65%. Se calculan pérdidas medias anuales por las virosis del tabaco de un millón de dólares (Requena et al., 2010). El TMV es muy infeccioso, se transmite con facilidad por el roce entre plantas enfermas y sanas, a través de la savia, y ocasionalmente es trasmitido en las partes bucales de los insectos que se alimentan de plantas infectadas. La forma mas común de transmisión del TMV en los invernaderos es a través de las

manos del personal que manipulan indistintamente plantas sanas e infectadas, adicionalmente se puede transmitir por la semilla del tomate, estando localizado en las envueltas de la semilla y, en menor proporción, en el endospermo, pero no en el embrión. (Agrios, 2008). La complejidad de la patogénesis de las virosis vegetales y su limitado conocimiento dificulta la posibilidad de aplicar medidas de control efectivas sobre ellas. Sin embargo, actualmente se han desarrollado tecnologías que combaten a los virus molecularmente a través del uso de la nanotecnología (Arteaga et al., 2016). La nanotecnología es una ciencia prometedora capaz de desarrollar productos para el control de microorganismos patógenos como: bacterias, virus y hongos que provocan enfermedades en cultivos agrícolas (Alvarado et al., 2014). Considerando lo anterior, se presenta este proyecto de investigación el cual consta de los siguientes objetivos e hipótesis:

Objetivos

OBJETIVO GENERAL

- Estudiar el potencial de las nanopartículas para atenuar la patogénesis del TMV en el desarrollo de la planta de tomate y su impacto en la calidad de la semilla.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el estado fitosanitario de la semilla de tomate a utilizarse en la investigación.
2. Determinar la respuesta de plantas inoculadas con TMV a la aplicación de nanopartículas Nbelyax.
3. Determinar la tasa de transmisión de TMV de planta madre a semilla.
4. Evaluar la calidad sanitaria y fisiológica de la semilla de tomate producida.

Hipótesis

El uso de nanopartículas atenuará la patogenicidad del virus del mosaico del tabaco (TMV) de manera que disminuya el daño a la planta en su desarrollo y calidad de la semilla producida.

3.-Revisión de Literatura

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a nivel mundial es la segunda hortaliza de mayor importancia después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). La superficie cosechada de tomate a nivel mundial creció a una tasa promedio anual de 1.4 por ciento entre 2003 y 2013, para ubicarse en 4,803,680 hectáreas que han llegado a producir 161.79 millones de toneladas. México ocupa la décima posición mundial, con un total de 96.651 hectáreas con un volumen de 3.433'57 millones de kilos lo que abarca el 2.12 por ciento de la producción mundial de tomate (FIRA, 2016). En México, el tomate es la segunda hortaliza más importante después del chile (*Capsicum annum* L.). La producción de tomate en México creció a una tasa promedio anual de 3.3 por ciento entre 2005 y 2015, para ubicarse en un volumen máximo histórico de 3.1 millones de toneladas. La producción de tomate está altamente concentrada en cinco entidades, se produjo el 54.1 por ciento del total nacional en 2015: Sinaloa (27.4 %), Michoacán (7.2 %), San Luis Potosí (7.2 %), Baja California (7.1 %), y Jalisco (5.2 %). También destacan Zacatecas (4.7 %), Sonora (4.4 %) y Baja California Sur (4.0 %) (SAGARPA, 2010). Sin embargo la producción de tomate se distribuye a lo largo del territorio nacional. El cultivo de tomate suele verse afectado por distintas plagas y enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus que han puesto en peligro el rendimiento y la estabilidad de sus producción en los últimos años en México.

ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS EN EL TOMATE

Los virus que infectan a las plantas no contienen ningún tipo de enzimas, toxinas u otras sustancias que se consideran comprendidas en la patogenicidad de los otros grupos patógenos, y aun así producen una gran variedad de síntomas en los hospedantes que atacan. El número total de virus que se conoce hasta la fecha es de casi 2000 y cada mes se identifican a otros nuevos. Los virus producen enfermedad en las plantas utilizando las sustancias celulares, ocupando los espacios libres en las células y alterando los procesos celulares, que a su vez alteran el metabolismo de las células y hacen que estas últimas produzcan sustancias anormales y generen condiciones que influyen negativamente sobre las funciones y vida de la célula de la planta. El tomate es afectado por más de 20 virus, de los cuales los más importantes son los virus del mosaico tabaco (VMT), virus del jaspeado (VJT), virus de la mancha anular del tabaco (TRSV), virus del mosaico del tomate (ToMV), virus mosaico del pepino (CMV), virus aspermia del tomate (TAV), virus del enanismo arbustivo del tomate (TBSV) (Jones et al., 2014).

Virus Jaspeado del Tabaco (TEV). Los síntomas con un moteado intenso, pliegues y rugosidad en las hojas. El fruto presenta moteados y disminución de tamaño. Cuanto más temprana ocurra la infección, menor será el rendimiento (Jones et al., 2001; Pernezny et al., 2003; Kalb, 2005; Koike et al., 2007). Son virus de varilla flexible, de 730 x 12 nm, y ARN de cadena sencilla. La transmisión por semilla de TEV no se ha reportado (Pernezny et al., 2003; Kalb, 2005; Koike et al., 2007; Roberts et al., 2004). **Virus de la mancha anular del tabaco (TRSV).** Los síntomas más importantes son la presencia de pequeñas manchas circulares de apariencia pálida en las hojas. Las manchas pueden estar rodeadas por un halo clorótico; otros síntomas pueden ser un moteado general de la hoja, mosaicos amarillentos y manchas anulares o necrosis. (EPPO/CABI, 1997 y 1997b; VIDE, 2012). Se puede transmitir por semillas y algunas especies de trips, arañas rojas y pulgones (Koike et al., 2007; EPPO, 2012). **Virus mosaico del pepino (CMV).** Las plantas de tomate infectadas durante los primeros estados de desarrollo se muestran cloróticas, arbustivas y de tamaño reducido. Las hojas pueden presentar un moteado similar al causado por el virus del mosaico del tabaco. Es transmitido por 75 especies de áfidos, aunque puede transmitirse por semilla (Pernezny et al., 2003; Persley et al., 2010). **Virus aspermia del tomate (TAV).** En el cultivo de tomate puede haber moteados severos y distorsión de las hojas. Algunas plantas pueden mostrar poco desarrollo (enanismo) y presentar proliferación de brotes axilares. Los frutos suelen ser pequeños, deformes y sin semilla (Smith et al., 1992). Es transmitido por 10 especies de áfidos. No se reporta la transmisión por semilla (Adams y Antoniw, 2005). **Virus del enanismo arbustivo del tomate (TBSV).** Los síntomas iniciales en hojas son lesiones necróticas circulares y locales, que aparecen cinco días después de la infección; estas hojas se vuelven cloróticas y con frecuencia caen. En los frutos se desarrollan manchas cloróticas y mosaicos lineales (Jones et al., 2001; UP IPM, 2011; VIDE, 2012). Se transmite con facilidad mediante inoculación mecánica. Se puede transmitir por semillas e injertos en propagación vegetativa (Jones et al., 2001).

Virus del Mosaico del Tabaco (TMV)

Patógeno. El virus del mosaico del tabaco es un *tobamovirus*, que tiene forma de varilla rígida, 300 nm de largo y 15 nm de diámetro. Su proteína consta de aproximadamente 2130 subunidades proteínicas, cada una de las cuales consta de 158 aminoácidos dispuestas en una hélice. El ácido nucleico del TMV es un ácido ribonucleico (RNA) de una sola banda y de aproximadamente 6400 nucleótidos. La cadena de RNA forma también una hélice paralela a la proteína. El peso de cada virus fluctúa entre 39 y 40 millones de unidades de peso molecular. El TMV se transmite con

facilidad a través de la savia, por injerto y a través de la semilla. Se ha estimado que las células vegetales infectadas por el virus del mosaico contienen entre 1,000, 000 y 10, 000, 000 de partículas virales por célula. (Markham et al, 1964).

Síntomas y Desarrollo de la Enfermedad. Los síntomas que muestran las plantas infectadas por TMV consiste en varios grados de clorosis, rizado, moteado, atrofia, deformación y verrucosis de las hojas, enanismo de toda la planta, deformación y manchado de las flores. En el tomate se produce el moteado de las hojas senescentes. Los folíolos se alargan y agudizan. Frecuentemente los frutos reducen su tamaño y muestran manchas decoloradas amarillas, irregulares o en forma de anillo, otras veces se presentan alteraciones necróticas externas e internas. El virus inverna en los tallos y hojas del tomate infectadas que se encuentran sobre el suelo, sobre la semilla contaminada, sobre la ropa contaminada en los almácigos y en la hoja natural y manufacturada del tabaco, incluyendo cigarrillos. El TMV produce infecciones sistémicas e invaden a todas las células parenquimatosas de la planta. Las hojas infectadas por el TMV muestran zonas de color amarillento o verde claro. En las áreas de color verde claro tanto las células del parénquima esponjoso como las del parénquima empalizada son redondas, a diferencia de su forma alargada normal. En las áreas claras, el número de cloroplastos disminuye en grado considerable. Así, la síntesis de la clorofila se altera, mientras que cierta cantidad de ella que se forma, se destruye o su actividad se inhibe debido a la infección por el virus. Esto da como resultado un menor nivel fotosintético y, por lo tanto, menores niveles de carbohidratos en las plantas infectadas por el TMV. Induce también alteraciones en varios otros procesos fisiológicos de las plantas. (Agrios, 2008).

Translocación y Distribución del Virus en la Planta. Para que un virus infecte a una planta, primero debe pasar de una célula a otra y propagarse por la mayoría de las células en las que se mueve. Dentro de las células, el TMV se sitúa principalmente en el citoplasma en forma de partículas individuales como agregados cristalinos y en forma de cuerpos amorfos (cuerpos X). Después de que se libera de su cubierta proteínica, su ácido nucleico (RNA) se autoduplica en el citoplasma, funcionan como RNAm y conjuntamente con los ribosomas y los RNAt, producen las subunidades proteínicas del virus. Los primeros viriones aparecen en las células aprox. 10 horas después de haberse producido la inoculación. En las células parenquimatosas de la hoja, el virus se desplaza aprox. 1 mm a un ritmo de 8 a 10 células por día. Gran cantidad de ellos son transportados con rapidez a grandes distancias a través del floema. Se mueven con una velocidad hasta de 15 cm en los primeros 6 min. Cuando el virus ha entrado al floema, se mueve con rapidez hacia las zonas en proceso de crecimiento (meristemas apicales) o hacia otras regiones de la planta donde se utilizan los fotosíntatos, tales como los frutos. (Cheplick y Agrios, 1983). El virus es muy estable y son fácilmente transmitidos por savia, donde el hombre es la principal fuente de desinanciación del TMV. Pueden mantenerse viables por dos años en residuos de plantas en suelos secos. Sin embargo, rápidamente pierde su infectividad, cuando los residuos se mantienen en suelos húmedos. (Conti et al., 2000; Pernezny et al., 2003). No se reportan insectos vectores (Jones et al., 2001). El virus es transmitido por la semilla del tomate, estando localizado bajo la testa de la semilla y en menor proporción, en el endospermo, pero no en el embrión (Agrios, 2008). La nanotecnología (NT) es definida como la ciencia que estudia la manipulación de la materia a escalas nanométricas, con tamaños de 1-100 nm, en al menos una de sus dimensiones, y son denominados nanopartículas (Wang et al., 2011). En la agricultura, su estudio ha tomado varias vertientes dentro de las cuales se encuentra el efecto potencial biosida como alternativa para la prevención y

control de microorganismos patógenos (virus, bacterias, hongos).

Nanopartícula Nbelyax.

Nbelyax una nano-bio-molécula única en el mundo, desarrollada en México por la firma Gresmex y patentada internacionalmente como alternativa para la prevención de microorganismos patógenos (virus, bacterias y hongos). La Nanopartícula Nbelyax es una mezcla de dióxido de titanio y extractos vegetales (cítricos), es capaz de entrar en los microorganismo y romper el material genético con una eficacia para eliminar 99% o la totalidad de microorganismos (virus, bacterias y hongos), sin causar dañar las células sanas o degradar el ADN. ¿Como funciona? Funciona como un catalizador bioselectivo programado para inhibir la replicación, transcripción y traducción de material genético (ADN o ARN) de patógenos (Arteaga et al., 2016). La nanopartícula mide 2 nm, lo que le da la capacidad de penetrar a la cápside de los virus y llegar a su material genético. Una vez en contacto con el material genético de los microorganismos, actúa en la composición química del ADN o ARN rompiendo las cadenas carbono-carbono y carbono—nitrógeno, y esto representa la destrucción total del virus. No hacen intercambio genético con la partícula Nbelyax, lo que hace imposible que estos entes vivos muten o generen resistencia a dicho activo. Diversos estudios en el área de la biofísica han determinado que las paredes celulares de los microorganismos tienen diferentes cargas magnéticas que las de las células animales y vegetales, gracias a este descubrimiento y aprovechando estas cargas, el ingrediente activo de la nanopartícula Nbelyax es capaz de seleccionar únicamente a los patógenos y neutralizarlos por completo (GRESMEX, 2017).

4.- Procedimiento Experimental

El estudio se realizara en los laboratorios del CCDTS y en invernaderos del departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Los materiales a utilizar en dichos estudios consisten de:

- Se utilizaran dos genotipos de tomate determinado tipo saladette variedad Flora Dade y Villa narro 10003.
- Nano partículas Nbelyax formula en el producto sintético Agrocker 360.
- Cepa del virus del mosaico del tabaco (TMV).

Metodología

Objetivos específicos

1. **Determinar el estado fitosanitario de la semilla.**

Se van a realizar pruebas microbiológicas en el laboratorio para identificar y cuantificar fitopatógenos transportados por semilla de tomate. Para detectar los hongos fitopatogenos en la semilla, se realizara la prueba de papel secante y congelamiento. Para detectar bacterias en semilla se utilizara medios de cultivo generales, específicos y pruebas bioquímicas. Para detectar los virus fitopatogenos en semilla se realizara la prueba serológica E.L.I.S.A. (ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas). Es una técnica de inmunoensayo en la cual un antígeno inmovilizado que son los fragmentos de proteínas de los virus, se detectan mediante un anticuerpo enlazado a una enzima capaz de generar un producto detectable, como cambio de color en tiras inmunológicas.

Para la germinación de semillas, se sembraran en charolas de 200 cavidades, se utilizara vermiculita, perlita y peat moss. Tras un periodo de aproximadamente 20 días, las plántulas de tomate se observaran para detectar

síntomas de enfermedades y efectuar el diagnóstico correspondiente.

2. Determinar la respuesta de plantas inoculadas de TMV a la aplicación de nanopartículas NBELYAX formuladas en el producto AGROCKER 360.

2.1 *Inoculación.* Se obtendrá una cepa de TMV para inoculación de partes vivas de planta de tomate previamente desarrollada e inoculada para generar reservorios del virus.

Se desarrollarán plantas de tomate en charolas de 200 cavidades para luego trasplantarlas a macetas de 6 kg. Se inoculan las plantas de 15 a 20 días después del trasplante con un macerado de planta infectada con virus utilizando carborundum de 600 mallas y buffer fosfatado, aplicado en la superficie foliar.

2.2. *Bioensayo in vivo.* Este estudio utilizará 2 genotipos consistentes de Flora Dade y Villa narro los cuales van a ser inoculados con el TMV en la punta del foliolo terminal de la hoja de la planta en los estados fenológicos plántula desarrollada a los 25 días y en antesis, en cada inoculación se esperará a los 5 días para observar desarrollo de síntomas del TMV en la terminal de las plantas. Una vez observado los síntomas indicados se iniciarán aplicaciones de Agrocker 360 con dosis de 0.05 ml/L, con la frecuencia de una, dos y tres aplicaciones por semana. Se obtendrán plantas sin aplicación de Agrocker 360 ni inoculación de virus como testigos. Se dispondrá de 3 repeticiones para cada tratamiento. Los síntomas observados se diagnosticarán con tiras inmunológicas marca AGRÍA®. Las variables estimadas consistirán de: Altura de la planta (cm) el cual se realizará con una cinta métrica; longitud y anchura de los foliolos (cm) se medirán con una cinta métrica; días a floración, se contarán los días a partir de que se trasplante hasta la aparición de la primera inflorescencia; número de flores abortadas, se contarán el número de flores abortadas por racimo; se contarán el número de flores amarradas por racimo; se contarán el número de frutos por racimo; tamaño del fruto, se medirá el diámetro y longitud con un vernier (cm); peso del fruto se realizará con una balanza (g); número de semillas por fruto se realizará un conteo; peso de 100 semillas se realizará con una balanza (mg). La detección e identificación viral se llevará a cabo mediante la técnica inmunológica E.L.I.S.A. usando anticuerpos específicos comerciales para el Virus del Mosaico del Tabaco (TMV).

2.4. *Análisis estadístico.* Se aplicará un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, donde los factores principales serán: A= genotipo, B= estados fenológicos para inocular, C= número de aplicaciones de la nanopartícula por semana, se realizarán comparaciones de medias.

3. Determinar la calidad sanitaria y fisiológica de la semilla de tomate producida.

Se van a realizar pruebas microbiológicas para identificar y cuantificar fitopatógenos infectantes en semilla de tomate. En el laboratorio se realizará el análisis fitosanitario a la semilla y pruebas de germinación, viabilidad y vigor de la semilla producida. Sembrar en charolas para determinar el porcentaje de transmisión de semilla a plántula.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Análisis de Varianza (ANVA), Se aplicará un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (AxBxC), donde los factores principales serán: A= genotipo, B= estados fenológicos para inocular, C= número

de aplicaciones de la nanopartícula por semana.

Modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

$$i = 1, \dots, a; \quad j = 1, \dots, b; \quad k = 1, \dots, c; \quad l = 1, \dots, n$$

Y_{ijkl} = numero de tratamientos en la $ijkl$ -ésima unidad experimental.

μ = Efecto de la media general del experimento.

τ_i = Efecto verdadero de los i -ésimos genotipos (A).

β_j = Efecto verdadero de los j -ésimos estados fenológicos para inocular (B).

γ_k = Efecto verdadero del k -ésimo numero de aplicaciones de la nanopartícula (C).

$(\tau\beta)_{ij}$ = Efecto verdadero de la interacción de los i -ésimos genotipos con los j -ésimos estados fenológicos para inocular (AB).

$(\tau\gamma)_{ik}$ = Efecto verdadero de la interacción de los i -ésimos genotipos con el k -ésimo numero de aplicaciones de la nano partícula (AC).

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto verdadero de la interacción de los j -ésimos estados fenológicos para inocular con el k -ésimo numero de aplicaciones de la nano partícula (BC).

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ = Efecto verdadero de la interacción de los i -ésimos genotipos con los j -ésimos estados fenológicos para inocular y el k -ésimo numero de aplicaciones de la nanopartícula (ABC).

E_{ijkl} = Error experimental en la $ijkl$ -ésima unidad experimental.

2. Se realizarán pruebas de comparaciones de medias con la prueba de tukey al 5% de probabilidad de error.

Cronograma de Actividades para el 2018.

Actividad	2018												2019											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Revisión de literatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
Obtención de semillas	x						x	x																
Pruebas de laboratorio	x	x	x	x					x	x														
Siembra de semillas en charolas		x							x															
Trasplantar plántulas de tomate en invernadero			x																					
Inoculación del virus TMV				x		x	x																	
Aplicación de nanopartícula				x	x	x	x	x																

Manejo del experimento en invernadero	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
Toma de datos (medición de variables)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												
Estancia de investigación											x	x	x									
Análisis de estadístico													x	x	x	x						
Resultados y discusión													x	x	x							
Redacción del borrador														x	x	x						
Elaboración de artículo														x	x							
Revisión de Tesis y aprobación																x	x	x				
Presentación de examen de grado																					x	

Cronograma de distribución de presupuesto para el 2018 (miles de pesos).

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Investigación laboratorio		5	5	5								
Preparación experimento invernadero		5	10									
Manejo investigación invernadero		10	10	5								
Edición y difusión de información científica y tecnológica						5					5	

Duración total del proyecto

Año de Inicio	2018	Año estimado de conclusión	2019
---------------	------	----------------------------	------

5.-Productos Esperados

Se elaborará dos artículos científicos, dos poster y una tesis de maestría.

6.-Literatura Citada

Alvarado R, Solera F, y Vega-Baudrit JR. 2014. Síntesis sonoquímica de nanopartículas de óxido de zinc y de plata estabilizadas con quitosano. Evaluación de su actividad antimicrobiana. Revista Iberoamericana de Polímeros, 15 (3): 134-148.

Agrios GN. 2008. Fitopatología. Segunda Edición. Limusa. México, D.F. 838 p. Adams MJ. Antoniow JF. (2005). Plant viruses and virus diseases. Pest Management 16, 268-270.

Arteaga L P R, Albarrán M L, León G S and León G G. 2016. Effects of NBeylax functionalized TiO₂ nanoparticle administration on the DNA of cancer cells. ECORFAN Journal-Republic of Guatemala 2-2: 24-28.

Bustos GR. 2017. El papel de México en la producción y exportación de frutas y verduras. El Economista. Subdirección de Investigación Económica en FIRA. <https://www.economista.com.mx/opinion/El-papel-de-Mexico-en-la-produccion-y-exportacion-de-frutas-y-verduras-20171016-0088.html> (consulta, noviembre 2017).

CEDRSSA, Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. 2015. Las semillas en México. Foros para la transformación y modernización del campo, memorias 2014, política publicas en semillas. Reporte del CEDRSSA, agosto de 2015. <http://www.cedrssa.gob.mx/> (consulta, noviembre 2017).

- Chávez H. 2014. Un gigante exportador. El Financiero. Economía. Ciudad de México.
<http://www.elfinanciero.com.mx/economia/un-gigante-exportador-de-alimentos.html> (consulta, noviembre 2017).
- Cheplick SM y Agrios GN. 1983. Effect of injected antiviral compounds on apple mosaic, scar, skin and dapple apple diseases of apple trees. Plant Disease. 67, 1130-1133.
- Conti MD, Gallitelli V, Lisa V, Lovisolò GP, Martelli A, Ragozzino GL, Rana L, Vovlas C. 2000. Principales virus de las plantas hortícolas. Mundi Prensa. Madrid. 203p. EPPO/CABI. 1997a. Tomato ringspot nepovirus. Quarantine Pest for Europe, 2nd and, pp. 1373-1378. CAB International, Wallingford (GB).
- EPPO/CABI. 1997b. Quarantine Pests for Europe. 2nd edition. Edited by Smith IM, McNamara DG, Scott PR, Holderness M. CABI International, Wallingford, UK. EPPO. 2012. List of pests recommended for regulation as quarantine pests <http://www.eppo.int/QUARANTINE/listA2.htm>. (consulta, noviembre 2017).
- Félix G R, Maldonado M E, Espinoza M G, Leyva L N, Martínez V C, Martínez A J C, y Herrera R G. 2012. Halo-spot and external stem necrosis of tomato caused by *Pseudomonas syringae* in Sinaloa, Mexico. Phytoparasitica, 40, 403–412.
- FIRA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2016. Panorama Agroalimentario / tomate Rojo 2106. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2016.pdf (consulta, noviembre 2017).
- GRESMEX, Department of Development and Innovation GRESMEX S.A. de C.V. 2017. El súper poder de la bioselectividad. <http://www.eviter.com.mx/ciencia.php> (consulta, noviembre 2017).
- Jones JB, Jones JP, Stall RE y Zitter TA. 2001. Plagas y enfermedades del tomate. Ediciones Mundi-Prensa, España. 168 p.
- Jones JB, Zitter TA, Momol TM, Miller SA. 2014. Compendium of Tomato Diseases and Pests. Second Edition. The American Phytopathological Society. Minnesota 55121, U.S.A. 168 p.
- GRESMEX, Department of Development and Innovation GRESMEX S.A. de C.V. 2017. El súper poder de la bioselectividad. <http://www.eviter.com.mx/ciencia.php> (consulta, noviembre 2017).
- Kalba T. 2005. Tobacco Etch Virus (TEV). Shanhua, Tainan, AVRDC-The World Vegetable Center. AVRDC Publication 05-640.
- Koike ST, Gladders P y Paulus AO. 2007. Vegetables Diseases. Academic Press, USA. 448 p.
- Markham, R., Hitchborn, J., Hillos, G., and Frey, S. 1964. The anatomy of the tobacco mosaic virus. Virology 22, 342-359 p. Pernezny K, Roberts PD, Murphy JF Y Goldberg NP. 2003. Compendium of pepper diseases. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- Persley D, Martin H y Sharman M. 2010. Diseases of vegetable crops in Australia. Capsicum (pepper). CSIRO Publishing. 87-98 p.
- Requena AM, Requena ME, Gilabert CE, Ezziyyanil, Candela ME. 2010. Virosis en los principales cultivos hortícolas de la Región de Murcia. Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Espinardo (Murcia) España. 19p.
- Smith IM, Dunez J, Phillips DH, Lelliott RA y Archer SA. 1992. Manual de Enfermedades de las Plantas. Mundi Prensa,

Madrid, España. 671 p. SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Monografías de cultivos. Jitomate.

<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf>

(consulta, noviembre 2017).

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2010. Monografía de cultivos "Jitomate", Subsecretaría de Fomento a los agronegocios. 10 p.

<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf>

(consulta noviembre, 2017).

SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2016. 4to. Informe de Labores 2015-2016.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/254118/CuartoInformeDeLabores_SAGARPA.pdf

(consulta, noviembre 2017).

SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2017. Aumenta 35 por ciento producción de jitomate "hecho en México.

http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC_0055_10.aspx#

(consulta, noviembre 2017).

Sandoval, B C. 2004. Manual técnico. Manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos agricultura y las alimentación. FAO, oficina regional para América Latina y el Caribe. 53 p.

(UC IPM) Pest Management Guidelines: Tomato. 2011. University of California Agriculture and Natural Resource. UC Statewide Integrated Pest Management Program, Publication 3460.

<http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/selectnewpest.peppers.html> (consulta, noviembre 2017).

VIDE. 2012. Plant Viruses Online. <http://www.agls.uidaho.edu/ebi/vdie/refs.htm>. (Consulta, noviembre 2017).

Wang H, Kou X, Pei Z, Xiao JQ, Shan X, Xing B. 2011. Physiological effects of magnetite (Fe₃O₄) nanoparticles on perennial ryegrass (*Lolium Perenne* L.) and pumpkin plants. *Nanotoxicology*. 5(1), 30-42.