



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

### 1. IDENTIFICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

<b>Nombre del Proyecto</b> Estudio de <i>Verticillium</i> y de una patología de origen desconocido en papa: aproximación desde la detección, epidemiología, manejo e importancia económica
<b>Objetivo principal:</b> Evaluar patrones espectrales, aspectos epidemiológicos y estrategias de manejo de <i>Verticillium</i> y de una patología de origen desconocido en cultivos de papa en Cundinamarca.
<b>Duración:</b> Vigencia 2020
<b>Valor Total del Proyecto:</b> \$ 385.943.990
<b>Cofinanciación:</b> FNFP: \$ 183.032.497 FEDEPAPA: \$ 28.258.885 UNIVERSIDAD NACIONAL: \$ 174.652.608
<b>Cobertura:</b> El proyecto considera zonas productoras del departamento de Cundinamarca, donde se incluirán productores de diferentes perfiles, con tamaños de producción variable y diverso nivel tecnológico.
<b>Fecha preparación proyecto</b> Octubre de 2019
<b>Fecha última modificación</b> Diciembre de 2019
<b>Describa brevemente en que consiste el proyecto</b> El proyecto se plantea en fases (I y II) para ser implementadas en dos años. En la primera fase, se evaluará la prevalencia y factores que inciden en dos alteraciones, <i>Verticillium</i> y una patología de origen desconocido (POD) mediante un levantamiento de línea base en zonas productoras de Cundinamarca. Se seleccionarán fincas en zonas productoras mediante un sistema de muestreo aleatorio estratificado proporcional, en las cuales se evaluará la presencia o ausencia de estas dos alteraciones y se registrará la información del historial de los lotes, manejo del cultivo, entre otros. Posteriormente, se seleccionarán lotes en zonas contrastantes para la evaluación de la dinámica espacio-temporal de estas alteraciones y de los factores edafoclimáticos que inciden en su desarrollo. A partir de material sintomático, se aislarán e identificarán los patógenos posiblemente asociados a los síntomas y se realizarán pruebas de patogenicidad. Para el caso de <i>Verticillium</i> , bajo condiciones de invernadero se evaluará la transmisión del patógeno a partir de semilla cosechada en lotes con la enfermedad y, de otro lado, el efecto del suelo infectado sobre la transmisión a cultivos sembrados a partir de semilla sana. Se



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

evaluará el efecto de tratamientos con calor seco al tubérculo semilla como medida de reducción de cantidad de inóculo. Además, se realizarán evaluaciones *in vitro* del efecto de diferentes fungicidas y potenciales controladores biológicos sobre el crecimiento del patógeno. La generación de las huellas espectrales asociadas a las dos patologías se realizará en lotes comerciales, en diferentes momentos del ciclo de cultivo mediante vuelos con un dron tipo multirrotor con un sensor Micasense RedEdge con registro de fotografías multiespectrales. Cada vuelo se contrastará con datos de muestreos del lote, con el fin de comparar y verificar la calidad de información obtenida con el sensor. Las imágenes se analizarán para la generación de rasgos asociados a índices útiles para la detección de las enfermedades. La investigación comprenderá el desarrollo de dos tesis de maestría y trabajos de grado de estudiantes de ingeniería agronómica, en los cuales se abordarán los objetivos planteados.

### Proponente:

FEDEPAPA FNFP - Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá

### Ejecutor:

FEDEPAPA FNFP -Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá

## 2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

### 2.1. ESTADO DEL ARTE

En papa, síntomas de marchitez vascular pueden ser causados por *Ralstonia solanacearum* (marchitez bacteriana) (Huarte y Capezio, 2015, Avilés y Piedra, 2017). Bacterias asociadas a pudriciones basales están *Pectobacterium atrosepticum*, *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* y *Dickeya chrysanthemi* (Huarte y Capezio, 2015). Por otra parte, marchitez vascular también puede ser causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *tuberosi*, el cual induce un taponamiento del haz vascular con estructuras reproductivas, genera retraso en el crecimiento, marchitamiento y muerte de la planta (Manici and Cerato, 1994; Stevenson *et al.*, 2001). *Verticillium* también está reportado generando marchitez vascular al bloquear los elementos del xilema impidiendo el movimiento de agua, generando una senescencia temprana y muerte de la planta (Stevenson *et al.*, 2001).

La madurez temprana provocada por *Verticillium* en papa es una enfermedad limitante de suelo que genera reducción en el número de tubérculos y su calidad, con pérdidas reportadas entre el 10 a 50% (Stevenson *et al.*, 2001; Johnson and Dung, 2010). Este patógeno genera marchitez vascular al bloquear los elementos del xilema con abundantes



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

conidias que son translocadas a través del sistema vascular impidiendo el movimiento de agua. Las pérdidas causadas por la madurez temprana de la papa dependen de las condiciones ambientales, siendo severas bajo estrés por altas temperaturas y altas tasas de evapotranspiración (Stevenson *et al.*, 2001). Esta enfermedad es provocada por *Verticillium dahliae* Kleb. o *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthold, también se reporta que *Verticillium tricorpus* I. y *Verticillium nigrescens* Pethybr pueden generar síntomas de marchitez en papa y otras plantas, sin embargo, se consideran especies no patogénicas, poco agresivas y poco frecuentes (Johnson & Dung, 2010).

La infección de *Verticillium* puede darse en etapas tempranas del cultivo, sin embargo, los síntomas se desarrollan de manera tardía en la etapa de llenado de tubérculo. En cultivo, la enfermedad se observa por la presencia de clorosis intervenal en hojas del tercio inferior en focos, posteriormente se marchitan y necrosan de forma acropétala desde la base del tallo. Generalmente los síntomas de clorosis en hojas pueden ser unilaterales. Los tallos en las plantas afectadas se vuelven necróticos, presentan senescencia temprana y pueden mantenerse en posición vertical. En los haces vasculares se presenta una coloración marrón cerca de la base del tallo. En los tubérculos se desarrolla un oscurecimiento vascular (Johnson and Dung, 2010; Dung *et al.*, 2012).

*V. albo atrum* y *V. dahliae* son patógenos monocíclicos, su severidad está relacionada directamente con la cantidad de inóculo inicial y viabilidad del inóculo, por lo que las estrategias de manejo deben estar encaminadas a disminuir el inóculo inicial del patógeno, como son la rotación con cultivos no susceptibles por periodos de 3 a 5 años, solarización del suelo, aplicación de agroquímicos al suelo, abonos verdes antes de siembra y manejo de hospederos alternos. Por otra parte el uso de plantas resistentes ofrece una táctica eficiente para reducir las pérdidas generadas por *Verticillium*, variedades resistentes como Alpha, CalWhite, Chipeta, Gemchip y Russet Nugget se han sembrado. Estas variedades son colonizadas en menor medida por *V. dahliae* comparada con las susceptibles, por lo que se retorna menos inóculo al suelo (Gudmestad *et al.*, 2007; Johnson and Dung, 2010).

En Colombia, *V. albo-atrum* se ha reportado asociado a marchitez y madurez prematura en Antioquia, Boyacá, Nariño Norte de Santander y Cundinamarca (Nieto, 1988; Buriticá, 1999). Nieto (1988) asoció a *V. dahlie* causando marchitez prematura en Boyacá, Nariño y Cundinamarca. Este autor reporta la presencia de estas dos especies en el país y este marchitamiento como una enfermedad de difícil predicción por su estrecha dependencia de la temperatura y la humedad. La enfermedad se transmite con los tubérculos semilla, tiene un número alto de plantas huéspedes y sobrevive en el suelo por varios años. Las principales medidas de control son variedades tolerantes, semilla sana, rotación de cultivos y eliminación de malezas y residuos vegetales (Nieto, 1988). En la revisión



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

realizada, no se encontraron publicaciones recientes de trabajos realizados en el país en detección o manejo de esta enfermedad.

La base para un correcto manejo de las enfermedades en las plantas siempre debe partir de un diagnóstico acertado, el cual debe ser rápido, seguro y confiable. En los últimos años se ha incursionado en técnicas de detección temprana de agentes causales de enfermedades mediante el uso de datos adquiridos por diferentes tipos de sensores. Se plantea que los análisis detallados de datos obtenidos por estos dispositivos de los procesos de infección permiten realizar una detección temprana, identificación y cuantificación de diferentes enfermedades vegetales relevantes, los cuales dependiendo de la escala de medición, pueden ser tan sensibles como para detectar estados tempranos tan sutiles como los mecanismo de defensa (Mahlein *et al.*, 2017).

La detección por sensores incluyen termografía, imágenes de fluorescencia, índices de vegetación, técnicas hiperespectrales, entre otras (Fang and Ramasamy, 2015; Mahlein *et al.*, 2017, 2012). Con el uso de estos sensores se pueden obtener dos tipos de información, por una parte se generan imágenes con información en cada pixel asociada a índices de vegetación o índices de enfermedad y mapas de calor en falso color o bandas espectrales asociadas a reflectancias que se pueden relacionar con la presencia y cuantificación de una determinada patología (Lowe *et al.*, 2017).

Estas tecnologías han permitido el desarrollo de herramientas de detección que se integran a programas de manejo por sitio, dando lugar a una mejor gestión y toma de decisiones, mejorando la sostenibilidad y rentabilidad de los sistemas de producción (Ramírez-Gil *et al.*, 2018). La detección temprana de los problemas fitosanitarios puede ser de gran ayuda para reducir las pérdidas y alcanzar el rendimiento y las ganancias adecuadas.

### 2.2. SITUACIÓN ACTUAL

La papa (*Solanum tuberosum*), es un eje fundamental de la economía en Colombia, se tiene área sembrada en 283 municipios del país, que involucran más de 100.000 familias, generando 80.000 empleos directos y más de 230.000 indirectos en zonas rurales y urbanas en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia y Nariño donde se concentra cerca del 85% de la producción nacional (Barragan, 2017; DANE, 2017; DANE, 2013). En Colombia se siembran 130.000 ha de papa con una producción de 2,778 millones de toneladas. En ambos indicadores Cundinamarca tiene la mayor participación con el 37% en el área sembrada con 48.289 ha y 39% en la producción nacional con 670.000 toneladas, donde el 80% de los productores corresponde a pequeños cultivadores con menos de una hectárea (Informe de gestión Fedepapa-fnfp, 2018).



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

El rendimiento del cultivo de papa se ha visto afectado por la presencia de diferentes enfermedades, debido en gran medida a factores como la propagación vegetativa, movilización de material para siembra, corta rotación en grandes áreas sembradas, condiciones climáticas favorables como incremento de la humedad en los suelos y la humedad relativa en algunas zonas productoras que han contribuido al establecimiento y a la diseminación de enfermedades (ICA, 2011). En los ciclos recientes, enfermedades consideradas de poca importancia o nuevas patologías se han reportado por los productores en las diferentes zonas del país. Dentro de estas, la marchitez generada por *Verticillium*, patógeno de suelo se ha incrementado en las zonas productoras de papa en Cundinamarca. En otros países se han reportado pérdidas entre 25 a 46% (INIA, 1993), sin embargo, en Colombia se ha considerado hasta el momento una enfermedad de poca importancia, lo cual se refleja en la falta de información y los pocos estudios de investigación sobre su impacto y manejo. Trabajos recientes desarrollados por el grupo de fitopatología de la Facultad de Ciencia Agrarias de la Universidad Nacional sede Bogotá en lotes productores en la zona de Subachoque, se encontró una alta incidencia de la enfermedad asociada a necrosis marginal en hojas, muerte de ramas y coloración café en haces vasculares, los cuales se asociaron con síntomas causados por *Verticillium*. Esta alteración generó pérdidas de 30% en cultivos de la zona y disminución de la calidad de los tubérculos producidos.

Adicionalmente, en ciclos recientes de cultivo en esta zona, se ha presentado una alteración de origen desconocido (POD) cuya incidencia varía según la condición de humedad del suelo. En los cultivos afectados se encontraron plantas con peciolos con una ligera torción, tallos postrados sobre el suelo, maduración temprana sin daños visibles a nivel vascular, los cuales no se asociaron con una patología conocida. Esta alteración ha incidido negativamente en los rendimientos del cultivo y en la calidad de producción. Hasta el momento, sin conocimientos de las causas que la ocasionan, esta alteración se ha manejado con fertilizaciones foliares e inductores de resistencia lo cual ha incrementado los costos de producción hasta en un 10%. Adicionalmente, el problema se ha observado en Madrid y Mosquera en Cundinamarca, Guatavita en Boyacá y en Cajamarca en el Tolima.

Las alteraciones observadas recientemente en campo representan una limitante potencial para la producción de papa en la región, donde presentan un comportamiento epidémico. A pesar de la alta incidencia de la marchitez causada por *Verticillium*, su reconocimiento en campo se dificulta y no se cuenta con planes de manejo de la enfermedad, dentro de estos el manejo del material de siembra reportado como uno de los principales medios de



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

diseminación del patógeno. A esta problemática se le suma la segunda alteración descrita la cual aún no se relaciona con un posible factor biótico o abiótico.

### 2.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD

En Colombia, la papa es uno de los productos agrícolas que demanda la mayor cantidad de fungicidas e insecticidas. Por ello, reconocer adecuadamente y de manera oportuna las afectaciones puede contribuir a mejorar el manejo del cultivo. El marchitamiento vascular ocasionado por *Verticillium* es una enfermedad de suelo, donde el hongo produce microesclerocios como estructuras de resistencia y su propagación puede ser por material vegetal contaminado (Torres, 2002), factores que han llevado al incremento y diseminación del inóculo en las zonas afectadas. Debido a la madurez temprana causada por *Verticillium* la planta de papa produce tubérculos pequeños, lo cual genera pérdidas en peso de los tubérculos. La segunda alteración denominada POD aún no se ha relacionado con un agente causal o un factor abiótico. Además, estas dos alteraciones muestran una alta incidencia, agregación y crecimiento acelerado en los cultivos afectados. Actualmente, los productores no cuentan con herramientas de detección temprana ni con propuestas de manejo que permitan mitigar los niveles de daño y que permitan mantener la rentabilidad del cultivo.

### 2.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La variabilidad climática afecta potencialmente el rendimiento, calidad de los cultivos y el comportamiento de plagas y enfermedades. En ciclos recientes, la producción de papa se ha visto afectada por estas dos patologías, no reportadas como limitantes hasta el momento. En inspecciones realizadas en cultivos de Subachoque (Cundinamarca), se identificaron dos alteraciones (marchitamiento vascular por *Verticillium* spp. y POD) con síntomas contrastantes, con alta incidencia y un crecimiento acelerado de los focos. El rendimiento de plantas afectadas se redujo entre 80 y 84% con disminución notable de categorías cero y gruesa. Se debe tener presente que el diagnóstico erróneo e inoportuno de una enfermedad causa manejos inadecuados, por lo cual el uso de sensores remotos puede ser una herramienta de detección acertada para patologías que no presentan síntomas apreciables a simple vista en estados tempranos de la afectación. Por lo anterior, se plantea la necesidad de caracterizar los problemas fitosanitarios mencionados y generar alternativas para su detección temprana, adelantar estudios en diagnóstico, epidemiología y manejo que permitan mitigar su efecto en los cultivos.

### 2.5. OBJETIVO GENERAL



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

Evaluar patrones espectrales, aspectos epidemiológicos y estrategias de manejo de *Verticillium* y de una patología de origen desconocido en cultivos de papa en Cundinamarca.

### 2.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análisis epidemiológicos del marchitamiento vascular ocasionado por *Verticillium* en cultivos de papa en el departamento de Cundinamarca.
- Realizar los estudios que permitan la aproximación a la identificación del agente causal de la patología de origen desconocido (POD) y analizar la epidemiología de la alteración.
- Generar patrones espectrales para el marchitamiento por *Verticillium* y de POD en papa como herramienta de detección y manejo temprano.
- Evaluar y proponer medidas de manejo del marchitamiento vascular ocasionado por *Verticillium*

	<b>FICHA TÉCNICA</b>		
	VERSIÓN: 02	FECHA: 02-01-2018	

3. MARCO LOGICO

MARCO LÓGICO					
<b>PROYECTO</b>	PROYECTO: ESTUDIO DE VERTICILLIUM Y DE UNA PATOLOGÍA DE ORIGEN DESCONOCIDO EN PAPA: APROXIMACIÓN DESDE LA DETECCIÓN, EPIDEMIOLOGÍA, MANEJO E IMPORTANCIA ECONÓMICA				
<b>PROGRAMA</b>	<b>INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA</b>				
<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	Evaluar patrones espectrales, aspectos epidemiológicos y estrategias de manejo de Verticillium y de una patología de origen desconocido en cultivos de papa en Cundinamarca.				
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL:</b>	El proyecto se plantea en dos fases para un periodo de dos años. La investigación comprenderá el desarrollo de dos tesis de maestría y trabajos de pregrado en los cuales se abordarán los objetivos planteados. En este estudio, se evaluará la prevalencia y factores que inciden en estas dos patologías, mediante un levantamiento de línea base en zonas productoras de Cundinamarca. Se seleccionarán fincas en zonas productoras mediante un sistema de muestreo aleatorio estratificado proporcional en las cuales se evaluará la presencia o ausencia de estas dos alteraciones y se registrará la información del historial de los lotes y manejo del cultivo entre otros. Posteriormente, se seleccionarán lotes en zonas contrastantes para la evaluación de la dinámica espacio-temporal de estas alteraciones y de los factores edafoclimáticos que inciden en su desarrollo. A partir de material sintomático, se realizará la identificación de los patógenos posiblemente asociados a los síntomas y se realizarán pruebas de patogenicidad.				
<b>PRESUPUESTO</b>	<b>\$ 385.943.990</b>				
<b>ACCIONES</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>TIPO DE INDICADOR</b>	<b>METAS</b>	<b>FUENTES DE VERIFICACIÓN</b>	<b>SUPUESTOS* *Eventos que pueden llevar al no cumplimiento de la acción</b>
<b>1.1 Análisis epidemiológico del marchitamiento vascular ocasionado por Verticillium</b>					
Levantar información en campo	# de encuestas	Gestión	100 encuestas	Encuestas diligenciadas	Productores que no faciliten la información
Inspeccionar lotes	Niveles de prevalencia de las patologías	Gestión	Mapas de prevalencias	Registros digitales y en físico	Falsos positivos o negativos de las patologías
Describir sintomatologías encontradas	Sintomatologías descritas	Gestión	Dos síntomas descritos	Informe	Que no se presenten las patologías en campo
Generar patrones espaciales y temporales de Verticillium y POD	Cuvas y mapas de las dos patologías	Gestión	9 curvas y mapas de las dos patologías	Curvas y mapas de distribución	Que no se presenten las patologías en campo
Determinar los factores edafoclimáticos conducentes para POD y Verticillium	Factores edafoclimáticos que modulan las epidemias	Gestión	Conocer las propiedades edáficas y climáticas que inciden en el desarrollo de estas patologías	Modelos epidemiológicos (2)	Que no se presenten las patologías en campo
Generar un modelo de riesgo	Modelos de riesgo para los problemas estudiados	Impacto	Dos modelos de riesgo	Modelos de riesgo (2)	Que no se presenten las patologías en campo



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

### 1.2 Aproximación a la identificación del agente causal de la patología de origen desconocido (POD) y análisis epidemiológico de la alteración.

Tomar muestras en los lotes evaluados	# muestras tomadas	Gestión	Al menos 10 muestras tomadas (una por finca)	Formatos de registro	Que no se presenten las patologías en campo
Analizar fitopatológicamente de muestras	# muestras analizadas	Gestión	Al menos 10 muestras procesadas (una por finca)	Reportes	Que no se presenten las patologías en campo
Caracterizar morfológicamente los agentes causales	# aislamientos caracterizadas	Gestión	Al menos cinco aislamientos caracterizados	Informe	Que no se presenten las patologías en campo
Remitir muestras para análisis de POD en el ICA	# muestras remitidas	Gestión	20 muestras	Formatos de remisión	Que no se presenten las patologías en campo
Probar patogenicidad de los posibles agentes causales	# pruebas realizadas por agente causal	Gestión	Dos pruebas	Informe	Que no se presenten las patologías en campo

### 1.3 Generación de patrones espectrales para el marchitamiento por Verticillium y de POD en papa como herramienta de detección y manejo temprano

Seleccionar lotes para pruebas piloto	# de lotes seleccionados	Gestión	Dos lotes para pruebas piloto	Formatos	Que no se presenten las patologías en campo
Realizar vuelos durante el ciclo del cultivo	# de vuelos realizados por cultivo por zona	Gestión	Seis vuelos por ciclo pdn	Registro	Que no se presenten las patologías en campo
Analizar la información	# de vuelos analizados por zona	Impacto	Seis vuelos analizados	Informe	Que no se presenten las patologías en campo
Generar índices informativos	Índices generados	Impacto	Dos índices por patología	Informe	Que no se presenten las patologías en campo
Validar los índices obtenidos	Índices validados	Impacto	Dos índices por patología	Informe	Que no se presenten las patologías en campo



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

### 1.4 Evaluación de medidas de manejo del marchitamiento vascular ocasionado por *Verticillium*

Analizar microbiológicos de suelos	# de analisis realizados	Impacto	Un grupo funcional asociado a lotes con las patologías	Resultados de laboratorio	Baja población de microorganismos en el suelo
Probar in vitro de fungicidas registrados para <i>Verticillium</i>	# de productos evaluados	Impacto	Tres fungicidas	Informe	Que no se tengan fungicidas registrados
Probar in vitro de controladores biológicos potenciales (ACB) para <i>Verticillium</i>	# de controladores evaluados	Impacto	Tres controladores biológicos	Informe	Que no se tengan controladores registrados
Evaluar fuentes de inóculo de las patologías a partir de semilla y suelo	# de fuentes de origen evaluadas	Impacto	Dos fuentes	Informe	Acceso a la semilla; No presencia de los agentes causales
Evaluar procesos de desinfección de semilla	#de tratamientos evaluados	Impacto	Dos tratamientos	Informe	No presencia de los agentes causales
Evaluar compatibilidad de potenciales controladores (ACB) y fungicidas <i>in vitro</i>	# de pruebas realizadas	Impacto	Tres pruebas (combinaciones ACB- fungicida)	Informe	Incompatibilidad de los ACB
Evaluar compatibilidad de potenciales controladores y fungicidas in planta bajo invernadero	# de pruebas realizadas	Impacto	Una combinación ACB- fungicida	Informe	Incompatibilidad de los ACB

	<b>FICHA TÉCNICA</b>		
	VERSIÓN: 02	FECHA: 02-01-2018	CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

## 4. ASPECTOS TÉCNICOS

### 4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN EN DONDE SE EJECUTARÁ EL PROYECTO

Cundinamarca ocupa 24.210 km<sup>2</sup>, el territorio se ubica en a la cordillera oriental y se pueden distinguir 4 regiones fisiográficas, la occidental que inicia en el páramo de Sumapaz con alturas entre 3000 y 3500 msnm, la segunda corresponde al centro del departamento, de relieve plano rodeados de algunos cerros, la tercera y cuarta se encuentran entre la cordillera y los llanos orientales con alturas entre 300 y 1500 msnm (Pérez, 2010). Lo anterior indica la diversidad de condiciones climáticas que se pueden encontrar en el departamento, desde climas fríos como páramos hasta cálidos. En Cundinamarca de los 116 municipios 55 cuentan con producción de papa (Agronet, 2018).

### 4.2. COMPONENTE TÉCNICO

El proyecto contará con ingenieros agrónomos con la siguiente participación para cada uno de los actores, 10 técnicos de Fedepapa, 3 técnicos del Fondo Nacional del Fomento de la Papa y 3 técnicos de la industria. Por parte de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, se contará con la vinculación de dos estudiantes de maestría, ingenieros agrónomos quienes trabajarán bajo la dirección de cuatro investigadores, profesores de la Facultad con formación a nivel de doctorado. El proyecto cuenta con un equipo fuerte en la parte técnica, que conoce el cultivo de papa en el contexto de las zonas de estudio y con experiencia en investigación.

## 5. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### 5.1. METODOLOGÍA

La investigación comprenderá el desarrollo de dos tesis de maestría y trabajos de pregrado en los cuales se abordarán los objetivos planteados. Se consideran trabajos a nivel de laboratorio, invernadero y campo en lotes comerciales en Cundinamarca.

#### ***Evaluación de la prevalencia y factores que inciden en la marchitez de la papa causada por Verticillium y POD***

Para la evaluación de la prevalencia y los factores que inciden en estas dos patologías, se hará el levantamiento de una línea base en zonas productoras de Cundinamarca. Para esto se seleccionarán 100 fincas en áreas productoras, distribuidas mediante un sistema de muestreo aleatorio estratificado (tamaño de las áreas sembradas) proporcional (cantidad de lotes

	<b>FICHA TÉCNICA</b>		
	<b>VERSIÓN: 02</b>	<b>FECHA: 02-01-2018</b>	<b>CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62</b>

pequeños, medianos y grandes). En los lotes se realizará un levantamiento de información de la presencia o ausencia de los síntomas de la marchitez en el cultivo de papa y de POD y de la información relacionada con los sistemas de producción como historial de los lotes, origen de la semilla, manejo del cultivo, entre otros. Con estos datos se determinará la prevalencia del patógeno, y se caracterizará el sistema de producción en las zonas de estudio. Posteriormente, se seleccionarán lotes de zonas contrastantes (en función de la cantidad de enfermedad y características climáticas) para realizar la evaluación de la dinámica espacio-temporal de la enfermedad y de los factores edafoclimáticos que inciden en su desarrollo, mediante el análisis de datos de clima históricos y los registradas *in situ* en las zonas de interés.

### ***Aproximación a la identificación de los agentes causales y factores asociados a dos patologías en papa***

Se realizará la recolección de material sintomático en fincas productoras de Cundinamarca, para realizar el aislamiento del patógeno bajo condiciones de laboratorio siguiendo la metodología propuesta por Xiaojun *et al.*, (2014). La identificación del patógeno se realizará mediante la identificación de caracteres macroscópicos de las colonias y morfológicos de los organismos aislados. Mediante técnicas moleculares se confirmará la identidad de los agentes causales (Rubila, 2010). Por otra parte muestras de plantas afectadas por POD serán remitidas al laboratorio de diagnóstico del ICA para su procesamiento y análisis.

### ***Evaluación de alternativas de manejo de *Verticillium* spp. asociado a marchitamiento vascular en papa***

Se realizarán evaluaciones *in vitro* de la respuesta del patógeno a fungicidas y biocontroladores. Para esto se realizarán pruebas con los productos comerciales enmendando el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) con diferentes dosis sobre el patógeno aislado a partir de muestras sintomáticas de campo. Como productos se propone evaluar fungicidas con registro ICA para *Verticillium* en otros cultivos. Dentro de la propuesta están captan (0.5 g/l), fludioxonil (1 g/l) y Benomil (0.4 g/l) (Huarte y Capezio, 2011) entre otros. Como controladores biológicos se evaluarán productos comerciales a base de *Trichoderma harzianum* y *Bacillus* spp. (Silke *et al.*, 2017; Xiaojun *et al.*, 2014; Gründen *et al.*, 2001; Ordentlich *et al.*, 1990) en medio PDA para determinar su actividad biocontroladora sobre *Verticillium* sp. Para evaluar el efecto de los productos químicos y controladores biológicos se medirá el diámetro de crecimiento de las colonias y la germinación de propágulos de *Verticillium* (Naraghi *et al.*, 2010). En cada caso, se usará como unidad de medida tres cajas de petri con cinco repeticiones por tratamiento y dos repeticiones en el tiempo.

	<b>FICHA TÉCNICA</b>		
	<b>VERSIÓN: 02</b>	<b>FECHA: 02-01-2018</b>	<b>CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62</b>

Para la evaluación de la calidad fitosanitaria de semillas de diferente origen, se tomarán muestras del material de siembra de productores de las diferentes zonas productoras y se registrará la historia de la semilla y el estado sanitario del lote. En el laboratorio, los tubérculos se inspeccionarán y se registrarán las alteraciones externas e internas encontradas. Posteriormente, se realizarán aislamientos dirigidos a la confirmación de la presencia o ausencia de *Verticillium*.

Como alternativas para reducir la cantidad de inóculo de *Verticillium* en semilla, se evaluarán diferentes tratamientos físicos al tubérculo de papa mediante calor seco. Para esto se tratarán los tubérculos provenientes de zonas afectadas a diferentes temperaturas y tiempos de exposición para posterior siembra y evaluación del desarrollo de las plantas y de la incidencia de la enfermedad en plantas y tubérculos. Al final del ensayo se realizarán aislamientos en medios de cultivos para confirmar o descartar la presencia del patógeno.

Con respecto a formas de transmisión del patógeno se evaluarán las siguientes posibilidades:

1) La transmisión del patógeno de plantas enfermas a tubérculos, para esto se realizará la siembra de tubérculos obtenidos a partir de plantas identificadas como enfermas en campo, de por lo menos tres lotes. Se sembrarán para cada patología 10 repeticiones, siendo la unidad experimental 10 tubérculos.

2) Para evaluar el efecto del suelo infectado sobre la transmisión de la enfermedad a semilla, se sembrará semilla sana, (unidad experimental de 10 tubérculos) con 10 repeticiones, en suelo proveniente de cinco lotes infectados.

En ambos ensayos se medirá la incidencia y severidad de la enfermedad y se realizaran aislamientos del patógeno al finalizar los ensayos para confirmar la presencia o ausencia del patógeno.

A partir de los datos obtenidos en cada una de los ensayos *in vivo* e *in vitro* se realizarán análisis de varianza y prueba de comparación de medias para determinar el efecto de los tratamientos en las variables evaluadas.

***Generación de patrones espectrales para el marchitamiento por *Verticillium* y afectación por POD en papa como herramienta de detección y manejo temprano.***

**Ubicación, material vegetal y fases de trabajo.**

	<b>FICHA TÉCNICA</b>		
	<b>VERSIÓN:</b> 02	<b>FECHA:</b> 02-01-2018	<b>CÓDIGO:</b> FNFP-F- FP-35-62

Se elegirán seis lotes comerciales de papa ubicados en las zonas occidente, centro, y oriental de la sabana de Bogotá en Cundinamarca. En cada uno de los lotes se tendrán cultivos de la variedad Diacol Capiro (R-12), y se llevará registro de las actividades realizadas en estos cultivos.

*Fase I. Prueba Preliminar de Altura.* Para la toma de datos se realizarán vuelos con el sensor Micasense – RedEdge (propuesto) acoplado a un UAV, el cual permite registrar fotografías multiespectrales de cinco bandas. Se realizará la toma de datos durante dos vuelos a 20 y 40 metros con el fin de identificar la altura de vuelo óptima para la identificación de las lesiones causadas por estas dos alteraciones. Esto se contrastará con respecto a datos de evaluación en campo, identificando zonas enfermas mediante posicionamiento gps (Puntos de control GCPs) y tomando datos de incidencia y severidad.

*Fase II - Recolección y análisis de datos.* Posterior a la identificación de la altura optima de vuelo, se realizarán vuelos con el mismo sensor (Micasense – RedEdge) a lo largo del ciclo de cultivo (10 vuelos/ciclo). Se realizará la toma de datos a partir de 20 días después de siembra (dds). Cada vuelo será contrastado con datos obtenidos a partir de muestreos del lote, con el fin de comparar y verificar la calidad de información obtenida con el sensor. Para ello, se dispondrán áreas de muestreo de 2.0 m<sup>2</sup>, tomando como unidad muestral cinco plantas. Además, se realizarán mediciones de reflectancia directamente en los folíolos laterales de las hojas número cuatro totalmente expandidas (Mauromicale et al., 2006). Se utilizará el espectroradiómetro FieldSpec 4 Standar-Res®, cuyo rango espectral está entre los 350 y 2500 nm, con una resolución espectral de 3 nm a 700 nm y 10 nm a 1400 y 2100 nm y un intervalo de muestreo de 1.4 nm de 350 a 1050 nm y de 2 nm de 1000 a 2500 nm (Analytical Spectral Devices Inc. Boulder, CO, USA). Los datos se procesarán con el software ViewSpec Pro (Analytical Spectral Devices Inc. Boulder, CO, USA).

### **Procesamiento de datos.**

Mediante la prueba de altura, se tendrá una resolución espacial de máxima de 1,35 cm. Para el procesamiento de imágenes se usará Agisoft Photoscan software (Agisoft, s.f) este software permite la corrección radiométrica usando el sensor y panel de calibración de la cámara junto con la corrección geométrica basada en el uso de puntos de control (GCPs) con coordenadas GPS. Finalmente, de ello se generan orto mosaicos guardados en formato TIF, para luego ser procesados mediante una clasificación basada en píxeles.

### **Detección de plantas.**

Los centroides serán generados a partir de una segmentación en la cual se elimina los pixeles asociados al suelo, se generan clusters con el área de influencia de las plantas y finalmente se generan los centroides de los mismos.

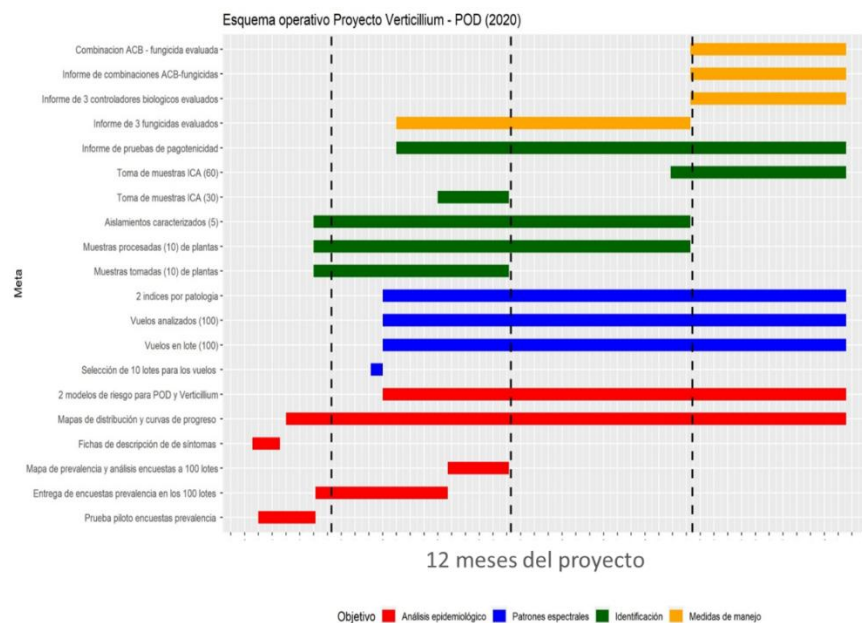
## Clasificación basada en pixeles.

Se plantea el uso de Random Forest, puesto que en evaluaciones previas su clasificación obtuvo alta capacidad predictiva de la afectación. Para entrenar dicho algoritmo, se pretenden establecer diferencias entre las siguientes clases: suelo, planta sana, planta enferma, flores y malezas. De ello se derivan parámetros estadísticos de evaluación como matrices de confusión que verifican la capacidad del clasificador para diferenciar las clases que se pretenden evaluar.

## 5.2. ACTORES INVOLUCRADOS

En el desarrollo del proyecto se contará con la participación de (i) productores de papa de Cundinamarca, (ii) Fondo Nacional del Fomento de la Papa, (iii) Fedepapa, (iv) Industria y (v) Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia. El primer actor facilitará información y permitirán las visitas a sus lotes para el registro de la información de interés. Los actores ii, iii y iv además de apoyar administrativa y financieramente la investigación, apoyarán logística y técnicamente el levantamiento de la línea base de información y el desarrollo de los trabajos a nivel de campo. El actor v, tendrá a cargo la ejecución de la investigación y divulgación de los resultados obtenidos a los diferentes niveles.

## 5.3. ESQUEMA OPERATIVO PARA EL PROYECTO



	<b>FICHA TÉCNICA</b>		
	VERSIÓN: 02	FECHA: 02-01-2018	CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

## 5.4. DIVULGACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Los resultados obtenidos se compilarán en informes periódicos que quedarán como memoria del trabajo realizado en cada componente. Los resultados se socializarán también en reuniones técnicas para profesionales y productores del sector coordinadas conjuntamente con el FNFP, Fedepapa y la Facultad de Ciencias Agrarias. Para la comunidad científica los resultados se divulgarán mediante artículos científicos publicados en revistas especializadas y en congresos de las áreas afines con las áreas del proyecto. De ser posible se elaborará material divulgativo para la identificación de síntomas de la enfermedad útil para técnicos y productores.

## 6. IMPACTOS DEL PROYECTO

### 6.1. IMPACTO SOCIAL

Con la ejecución de este proyecto se pretende contribuir al desarrollo y sostenibilidad en el tiempo y en la región del sistema de producción de papa, mediante la optimización del manejo del cultivo frente a estas dos patologías limitantes lo cual impactará positivamente a las familias que dependen de este cultivo y a la industria que centra su negocio en la producción de papa.

### 6.2. IMPACTO ECONÓMICO

Mediante su aporte a la identificación de los agentes o factores causales de estas dos alteraciones y su detección temprana, el proyecto favorecerá la implementación de medidas más oportunas de manejo y relacionadas con el problema a controlar. Lo anterior, permitirá la optimización de la inversión del recurso económico y del talento humano. Se espera que además con la comprensión de la causalidad de estas alteraciones, el sector papero pueda implementar medidas de manejo regional que contribuyan al fortalecimiento de la cadena de producción en el departamento de Cundinamarca. Además, el proyecto busca generar nuevas tecnologías y poner a disposición sistemas de información, cuyo aporte será visible en la cadena de valor y facilitará el trabajo integrado de los actores involucrados.

### 6.3. IMPACTO AMBIENTAL

La toma de decisiones de manejo basada en la detección oportuna y encaminada al problema indicado contribuye a la disminución del impacto ambiental generado por aplicaciones innecesarias o fuera de momento. Con el uso y aplicación de nuevas tecnologías de detección de estas enfermedades se contará con una herramienta que pone a disposición sistemas de información, cuyo aporte será visible en el manejo y la cadena de producción en cuanto a la oportunidad de la toma de decisiones. Además, en el proyecto se propone evaluar productos a base de controladores biológicos, fungicidas de baja categoría toxicológica y tratamiento físico de la semilla como alternativas de manejo de *Verticillium*, con lo que se busca disminuir el impacto ambiental de su manejo procurando mejorar la sostenibilidad ambiental del cultivo.

	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>VERSIÓN: 02</b>	<b>FECHA: 02-01-2018</b>	<b>CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62</b>	

#### **6.4. CONTRIBUCIÓN AL SUBSECTOR DE LA PAPA Y AL FNFP**

Dada la problemática a abordar y la metodología propuesta para el desarrollo del proyecto, se generará una información útil relacionada con la línea base de la presencia de estos dos problemas en zonas productoras de Cundinamarca, fundamental para abordar programas regionales del manejo del problema. Los anteriores resultados serán de utilidad tanto para el FNFP como para los técnicos relacionados con el sistema productivo de papa. La metodología de recolección de información, toma y procesamiento de datos generada por el proyecto servirá como modelo para el levantamiento de estos datos y de otra información relacionada en otras zonas del país. La caracterización de los síntomas asociados a las dos patologías útiles para su reconocimiento en campo, será una contribución para técnicos y productores. Adicionalmente, se podrá generar una red de información para el sector como sistema de alerta temprana de estas dos patologías. Finalmente, con el desarrollo de la investigación se fortalecerán los vínculos entre la Universidad Nacional y el sector papero a través del desarrollo de trabajos de investigación científica con aplicación práctica.

### **7. ASPECTOS INSTITUCIONALES**

#### **7.1. RELACIÓN DEL PROYECTO CON POLÍTICAS SECTORIALES**

El Fondo Nacional de Fomento de la Papa - FNFP fue creado mediante la Ley 1707 de 2014 y reglamentada por el Decreto 2263 de 2014, así como la Resolución 035 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Ley 1707 de 2014 en el artículo 10°, parágrafo 3° estipula que el FNFP y la entidad administradora del mismo, de acuerdo a lo dispuesto por la ley 99 de 1993 y la ley 1.450 de 2011, no incentivará el cultivo de papa en áreas de especial importancia ecológica como paramos y humedales. Se afianza la política de fortalecimiento de las cadenas productivas auspiciadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en desarrollo de la Ley 101 de 2003, su decreto y resolución reglamentaria.

#### **7.2. PARTICIPACIÓN DE OTRAS ENTIDADES (PÚBLICAS O PRIVADAS) EN EL PROYECTO**

En el proyecto se buscará vincular al laboratorio nacional de diagnóstico vegetal del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, como entidad a cargo del análisis de muestras para el diagnóstico de la patología de origen desconocido que afecta los cultivos de papa (POD). Lo anterior, en razón al rol que juega de esta institución que desde sus laboratorios de diagnóstico busca contribuir en la lucha contra plagas y enfermedades, para mejorar la producción y productividad agrícola del país y contribuir con la seguridad alimentaria.

	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	VERSIÓN: 02	FECHA: 02-01-2018	CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62	

## 8. PRESUPUESTO

### FNFP

ÍTEM	VLR UNITARIO	CANTIDAD	UND MEDIDA	VLR TOTAL 2020
<b>SERVICIOS PERSONALES</b>				<b>\$ 81.755.977</b>
Honorarios pregrado	912.998	12	Meses	\$ 10.955.977
Honorarios Maestría	2.950.000	24	Meses	\$ 70.800.000
<b>GASTOS GENERALES</b>				<b>\$ 9.976.520</b>
<b>VIÁTICOS Y GASTOS DE VIAJE</b>				<b>\$ 4.706.520</b>
Viáticos	156.884	30	Viáticos	\$ 4.706.520
<b>TRANSPORTES, FLETES Y ACARREOS</b>				<b>\$ 4.250.000</b>
Transportes suelo	100.000	5	Viajes	\$ 500.000
Transportes	250.000	15	Viajes	\$ 3.750.000
<b>MATERIALES Y SUMINISTROS</b>				<b>\$ 1.020.000</b>
Papelería	85.000	12	Meses	\$ 1.020.000
<b>ESTUDIOS Y PROYECTOS</b>				<b>\$ 91.300.000</b>
<b>TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA</b>				<b>\$ 91.300.000</b>
Reactivos	10.000.000	1	Paquete	\$ 10.000.000
Adecuaciones invernadero	6.000.000	1	Paquete	\$ 6.000.000
Alquiler de dron para imágenes multiespectrales	350.000	100	Vuelo de drones	\$ 35.000.000
Diagnóstico de muestras	350.000	60	Muestras	\$ 21.000.000
Análisis microbiológicos	180.000	60	Muestras	\$ 10.800.000
Análisis de suelo	100.000	60	Muestras	\$ 6.000.000
Insumos agrícolas lotes de pruebas	2.500.000	1	paquete	\$ 2.500.000
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>\$183.032.497</b>

### FEDEPAPA

ÍTEM	VALOR 2020
<b>SERVICIOS PERSONALES</b>	<b>\$21.498.299</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>	<b>\$6.760.586</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>\$28.258.885</b>



## FICHA TÉCNICA



VERSIÓN: 02

FECHA: 02-01-2018

CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62

### UNIVERSIDAD NACIONAL

ÍTEM	VALOR 2020
<b>PROFESORES</b>	<b>\$ 96.652.608</b>
Sandra Gómez Caro	<b>\$ 22.503.744</b>
Liz Patricia Moreno Fonseca	<b>\$ 18.623.616</b>
Joaquín Guillermo Ramírez	<b>\$ 25.106.304</b>
Carlos Eduardo Núñez López	<b>\$ 30.418.944</b>
<b>INFRAESTRUCTURA</b>	<b>\$ 78.000.000</b>
Capacidad instalada Laboratorio Sanidad Vegetal L-218	<b>\$ 48.000.000</b>
Invernadero	<b>\$ 18.000.000</b>
Oficinas docentes	<b>\$ 12.000.000</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>\$ 174.652.608</b>

### 9. CRONOGRAMA

Actividad/mes de proyecto	Fase I											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Determinar la prevalencia de <i>Verticillium</i> y de POD	x	x	x	x	x							
Determinar los factores edafoclimáticos conducentes para <i>Verticillium</i> y POD		x	x	x	x	x	x	x	x			
Evaluación de calidad fitosanitaria de la semilla		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Evaluación <i>In vitro</i> de fungicidas y productos biológicos			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Generación de huellas espectrales y modelamiento epidemiológico de <i>Verticillium</i> y POD		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

### Referencias

Agronet, 2018. Reporte: Área, Producción, Rendimiento y Participación Municipal en el Departamento por Cultivo. Fecha de consulta 02 de diciembre 2019.

<https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4>

	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>VERSIÓN:</b> 02	<b>FECHA:</b> 02-01-2018	<b>CÓDIGO:</b> FNFP-F- FP-35-62	

- Avilés, J. y Piedra, R. 2017. Manual del cultivo de papa en Costa Rica (*Solanum tuberosum* L.). IICA, INTA. 92 p.
- Barragán, J. 2017. Desempeño y perspectivas económicas del subsector papa 2018-2019. En: Revista papa, Fedepapa. 44-48.
- Buriticá C.P. 1999. Directorio de patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia. ICA - Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Antioquía. 329p
- DANE. 2013. El cultivo de la papa, *Solanum tuberosum*, alimento de gran valor nutritivo, clave en la seguridad alimentaria mundial. Boletín mensual 15: Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria.
- DANE. 2017. El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) y un estudio de caso de los costos de producción de papa pastusa suprema. Boletín mensual 55: Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria.
- Fang, Y., Ramasamy, R.P., 2015. Current and Prospective Methods for Plant Disease Detection. Biosensors 5, 537–561. <https://doi.org/10.3390/bios5030537>
- Garavito, P. 2018. Informe de gestión 2018. Fedepapa y FNFP.
- Gründen, E., Chen, W., Crane, L. 2001. Fungi colonizing microsclerotia of *Verticillium dahliae* in urban environments. Fungal Diversity 8: 129-141.
- Huarte, M. y Capezio, S. 2011. Cultivo de papa. INTA. Argentina.
- ICA. 2011. Manejo fitosanitario del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena* y *S. phureja*) Medidas para la temporada invernal. Bogotá, Colombia.
- INIA. 1993. Control integrado de las principales enfermedades fungosas de la papa. Memorias del seminario taller. Instituto nacional de investigaciones agropecuarias de Uruguay. Bellavista, Uruguay.
- Lowe, A., Harrison, N., French, A.P., 2017. Hyperspectral image analysis techniques for the detection and classification of the early onset of plant disease and stress. Plant Methods 13, 80. <https://doi.org/10.1186/s13007-017-0233-z>
- Mahlein, A.-K., Kuska, M.T., Thomas, S., Bohnenkamp, D., Alisaac, E., Behmann, J., Wahabzada, M., Kersting, K., 2017. Plant disease detection by hyperspectral imaging: from the lab to the field. Adv. Anim. Biosci. 8, 238–243. <https://doi.org/10.1017/S2040470017001248>
- Mahlein, A.-K., Oerke, E.-C., Steiner, U., Dehne, H.-W., 2012. Recent advances in sensing plant diseases for precision crop protection. Eur. J. Plant Pathol. 133, 197–209. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9878-z>
- Manici LM, Cerato C, 1994. Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f.sp.tuberosi isolates from tubers and potato plants. Potato Research 37, 129–134.
- Naraghi, L., Heydari, A., Rezaee, S., Razavi, M., jahanfar, H. 2010. Study on antagonistic effects of *Talaromyces flavus* on *Verticillium albo-atrum*, the causal agent of potato wilt disease. Crop protection. 29: 658-662.

	<b>FICHA TÉCNICA</b>		
	<b>VERSIÓN: 02</b>	<b>FECHA: 02-01-2018</b>	<b>CÓDIGO: FNFP-F- FP-35-62</b>

- Nieto, L.E. 1988. La madurez prematura de la papa causada por *Verticillium* spp. en Colombia. Revista ICA No 4., 334-340.
- Ordentlich, A., Nachmias, A., Chet, I. 1990. Integrated control of *Verticillium dahliae* in potato by *Trichoderma harzianum* and captan. Crop Protection. 9: 363-366.
- Pérez, A. 2010. Estructura ecológica principal de la sabana de Bogotá. Sociedad geográfica de Colombia.
- Ramírez-Gil, J.G., Martínez, G.O.G., Morales Osorio, J.G., 2018. Design of electronic devices for monitoring climatic variables and development of an early warning system for the avocado wilt complex disease. Comput. Electron. Agric. 153, 134–143.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.002>
- Rubila, M. 2010. Estudios de patogenicidad y detección mediante PCR de *Verticillium albo-atrum* reinke & berth., en kiwi dorado (*Actinidia chinensis* planch) cultivar hort16a. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Stevenson, W., Loria, R., Franc, G., Weingartner, D. 2001. Compendium of potato diseases. second edition. St. Paul, Minn: Amer Phytopathological Society APS Press. 106 p.
- Silke, D., Lien, T., Soraya, F., Hofte, M. 2017. Desirable Traits of a Good Biocontrol Agent against *Verticillium Wilt*. front microbiol. 8: 1186.
- Torres, H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú. Centro internacional de la papa. Lima, Perú.
- Xiaojun, C., Wongkaew, S., Jie, Y., Xuehui, Y., Haiyong, H., Shiping, W., Qigqun, T., Lushiang, W., Dusit, A., Natthiya, B. 2014. *In vitro* inhibition of pathogenic *Verticillium dahliae*, causal agent of potato wilt disease in China by *Trichoderma* isolates. Academic journals. 13: 3402-3412.