

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

1. IDENTIFICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto Estudio de <i>Verticillium</i> y de un desorden de origen desconocido en papa: aproximación desde la detección, epidemiología, manejo e importancia económica
Objetivo principal: Evaluar patrones espectrales, aspectos epidemiológicos y estrategias de manejo de <i>Verticillium</i> y de un desorden de origen desconocido en cultivos de papa en Cundinamarca.
Duración: Vigencia 2020
Valor Total del Proyecto: \$348.658.877
Cofinanciación: FNFP: \$ 148.300.000 FEDEPAPA: \$ 28.258.885 UNIVERSIDAD NACIONAL: \$ 182.393.472
Cobertura: 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.
Fecha preparación proyecto Octubre de 2020
Fecha última modificación Noviembre de 2020
Describe brevemente en qué consiste el proyecto En seis fincas en zonas productoras con ambientes contrastantes se evaluará la dinámica espacio-temporal de estas dos alteraciones y de los factores edafoclimáticos que inciden en su desarrollo. La generación de las huellas espectrales asociadas 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. A partir de material sintomático, se aislarán e identificarán los patógenos posiblemente asociados a los síntomas. 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 partir de semilla sana. Se evaluará el efecto de tratamientos con calor seco al tubérculo semilla como medida de

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

reducción de cantidad de inóculo. Además, se realizarán evaluaciones in vitro del efecto de diferentes fungicidas sobre el crecimiento del patógeno.

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 *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* spp. también esta 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). Por otra parte, marchitez bacteriana puede ser causada *Ralstonia solanacearum* (Huarte y Capezio, 2015, Avilés y Piedra, 2017).

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 conidias que son translocadas a través del sistema vascular impidiendo el movimiento de agua. Las pérdidas causadas 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 en papa y otras especies, 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

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

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 la viabilidad de mismo, 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. Nieto (1988) menciona además la transmisión de la enfermedad con los tubérculos semilla y cita la eliminación de malezas y residuos vegetales como medidas de manejo. Por otra parte, el uso de plantas resistentes es eficiente para reducir las pérdidas generadas por *Verticillium*. Variedades resistentes como Alpha, CalWhite, Chipeta, Gemchip y Russet Nugget 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. En la revisión 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 y de la detección oportuna del problema. 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, identificación y cuantificación de diferentes enfermedades (Mahlein *et al.*, 2017).

La detección por sensores incluye termografía, imágenes de fluorescencia, índices de vegetación, técnicas hiperespectrales, entre otras (Fang and Ramasamy, 2015; Mahlein

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

et al., 2017, 2012). Con el uso de estos sensores se pueden obtener 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).

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).

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 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. En 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

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

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 esta zona, se observó la presencia de una alteración en las plantas que se asoció a peciolos de las hojas con una ligera torción, tallos postrados sobre el suelo, maduración temprana sin daños visibles a nivel vascular, los cuales no se asociaron con enfermedades reportadas por lo cual se denominó como un desorden de origen desconocido (DOD).

Esta alteración, ha incidido negativamente en los rendimientos del cultivo y en la calidad de producción en ciclos recientes. Hasta el momento, sin conocimientos de las causas que la ocasionan, el problema 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. A esta problemática se le suma la segunda alteración descrita la cual aún no se relaciona con un posible responsable.

2.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD

Reconocer adecuadamente y de manera oportuna las afectaciones del cultivo de papa, puede contribuir a mejorar el manejo del cultivo. La afectación de los cultivos por *Verticillium* y el desorden descrito muestran una alta incidencia, agregación y crecimiento acelerado en los cultivos que las presentan. El marchitamiento vascular ocasionado por *Verticillium* es una enfermedad de suelo, donde el hongo produce estructuras de resistencia y su propagación puede ser por material vegetal contaminado (Torres, 2002), factores que han llevado al incremento y diseminación del patógeno en las zonas productoras.

La segunda alteración denominada DOD aún no se ha relacionado con un agente causal biótico o un factor abiótico. A pesar de su importancia, estas alteraciones no se reconocen correctamente en campo y no se cuenta con herramientas de detección temprana, se desconocen aspectos de su epidemiología y no se han planteado propuestas de manejo

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

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 dos alteraciones 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 DOD) con síntomas contrastantes, alta incidencia y 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 de 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, adelantar estudios en diagnóstico, epidemiología y manejo que permitan mitigar su efecto en los cultivos.

2.5. OBJETIVO GENERAL

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.
- Generar patrones espectrales para el marchitamiento por *Verticillium* y afectación por DOD en papa como herramienta de detección.
- Evaluar la respuesta de variedades de papa cultivadas en el departamento de Cundinamarca a *Verticillium*.

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

- Evaluar fungicidas comerciales *in vitro* como alternativa potencial de manejo de *Verticillium* spp.
- Evaluar la problemática de *Verticillium* asociada a la multiplicación de semilla y análisis de algunas estrategias de manejo.
- Determinar el efecto de la madurez temprana ocasionada por *Verticillium* sobre variables de crecimiento y desarrollo en plantas de papa variedad Diacol Capiro.
- Realizar estudios que permitan la aproximación a la identificación del agente causal del desorden de origen desconocido (DOD).

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

3. MARCO LOGICO

PROYECTO	PROYECTO: ESTUDIO DE VERTICILLIUM Y DE UNA ALTERACION DE ORIGEN DESCONOCIDO EN PAPA: APROXIMACIÓN DESDE LA DETECCIÓN, EPIDEMIOLOGIA, MANEJO E IMPORTANCIA ECONÓMICA				
PROGRAMA	INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA				
OBJETIVO GENERAL:	Evaluar aspectos epidemiológicos, estrategias de manejo y patrones espectrales de Verticillium y de una alteración de origen desconocido en cultivos de papa en Cundinamarca.				
DESCRIPCIÓN GENERAL:	En seis fincas en zonas productoras con ambientes contrastantes se evaluará la dinámica espacio-temporal de estas dos alteraciones y de los factores edafoclimáticos que inciden en su desarrollo. La generación de las huellas espectrales asociadas se realizará en lotes comerciales, en dos momentos del ciclo de cultivo mediante vuelos con un dron tipo multirrotor 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 la información obtenida con el sensor. Las imágenes se analizarán para la generación de rasgos asociados a índices útiles para la detección de las enfermedades. A partir de material sintomático, se aislarán e identificarán los patógenos posiblemente asociados a los síntomas. Para el caso de Verticillium, 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 partir de semilla sana. Se 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 de diferentes fungicidas comerciales sobre el crecimiento del patógeno.				
PRESUPUESTO	\$148.300.000				
ACCIONES	INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	METAS	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS* *Eventos que pueden llevar al no cumplimiento de la acción
1. Análisis epidemiológico del marchitamiento vascular ocasionado por <i>Verticillium</i>					
Generar patrones espaciales y temporales de Verticillium y DOD	Curvas y mapas de las dos patologías	Gestión	6 curvas y mapas de las dos patologías	Curvas y mapas de distribución	Que no se presenten las patologías en campo y limitación en el acceso a lotes
Remitir muestras para análisis microbiológicos de suelos y plantas	# de análisis realizados	Impacto	Un grupo funcional asociado a lotes con las patologías	Resultados de laboratorio	Baja población de microorganismos en el suelo
Remitir muestras para análisis foliar de plantas	# de análisis realizados	Impacto	30 muestras analizadas	Informe	Que no se presenten las patologías en campo y limitación en el acceso a lotes
Determinar los factores edafoclimáticos conducentes para DOD y Verticillium	Factores edafoclimáticos que modulan las epidemias	Gestión	Determinar al menos un factor que incida en el desarrollo de estas patologías	Modelos epidemiológicos (2)	Que no se presenten las patologías en campo y limitación en el acceso a lotes
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 y limitación en el acceso a lotes
2. Aproximación a la identificación del agente causal de la patología de origen desconocido (DOD) y análisis epidemiológico de la alteración.					
Tomar muestras en los lotes	# muestras tomadas	Gestión	Al menos 6 muestras tomadas (una por finca)	Formatos de registro	Que no se presenten las patologías en campo y limitación en el acceso a laboratorios

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

Analizar muestras en el laboratorio	# muestras analizadas	Gestión	Al menos 6 muestras procesadas (una por finca)	Reportes	Que no se presenten las patologías en campo y limitación en el acceso a laboratorios
Caracterizar morfológicamente los agentes aislados	# aislamientos caracterizados	Gestión	Al menos cinco aislamientos caracterizados	Informe	Que no se presenten las patologías en campo y limitación en el acceso a laboratorios
Remitir muestras para análisis de DOD al laboratorio del ICA para diagnóstico	# muestras remitidas	Gestión	Al menos 6 muestras	Formatos de remisión	Que no se presenten las patologías en campo
Identificación molecular de los posibles agentes causales aislados	# muestras remitidas	Gestión	Al menos cuatro aislamientos identificados	Informe	Que no se presenten las patologías en campo
3. Generación de patrones espectrales para el marchitamiento por Verticillium y de POD en papa como herramienta de detección.					
Realizar vuelos durante el ciclo del cultivo	# de vuelos realizados por cultivo por zona	Gestión	Dos vuelos por ciclo	Registro	Que no se presenten las patologías en campo
Analizar la información	# de vuelos analizados por zona	Impacto	Dos vuelos analizados	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
4. Evaluar respuesta de variedades de papa cultivadas en el departamento de Cundinamarca a Verticillium.					
Seleccionar lote de estudio	# de lotes evaluados	Impacto	Al menos tres lotes evaluados	Informe	Que no se presenten las patologías en campo
Evaluar variedades de papa en un lote con alta presión de inóculo	# de variedades evaluadas	Impacto	Al menos tres variedades evaluadas	Informe	Que no se presenten las patologías en campo o que no se consiga semilla sana
5. Evaluar fungicidas comerciales in vitro como alternativa potencial de manejo de Verticillium spp.					
Seleccionar los fungicidas a evaluar	# de fungicidas	Impacto	Cinco fungicidas seleccionados	Informe	limitación en el acceso a laboratorios
Evaluar in vitro fungicidas sobre Verticillium	# de productos evaluados	Impacto	Cinco fungicidas evaluados	Informe	limitación en el acceso a laboratorios
6. Evaluar la problemática de Verticillium asociada a la multiplicación de semilla y análisis de algunas estrategias de manejo.					
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. Restricción del acceso da lotes por directrices de manejo de pandemia COVID 19
Evaluar procesos de tratamiento de semilla	# de tratamientos evaluados	Impacto	Dos tratamientos	Informe	Acceso a la semilla; No presencia de los agentes causales. Restricción del acceso da lotes por directrices de manejo de pandemia COVID 19

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

Evaluar la incidencia de la enfermedad en tubérculos de plantas sintomáticas	# de plantas evaluados	Impacto	Cinco plantas evaluadas	Informe	Acceso a la semilla; No presencia de los agentes causales. Restricción del acceso da lotes por directrices de manjo de pandemia COVID 19
7. Determinar el efecto de la madurez temprana ocasionada por Verticillium sobre variables de crecimiento y desarrollo en plantas de papa variedad Diacol Capiro					
Seleccionar lotes en zonas contrastantes por clima	# de lotes seleccionados con características contrastantes	Gestión	Dos lotes seleccionados	Registro	Restricción del acceso da lotes por directrices de manejo de pandemia COVID 19
Demarcar las áreas de estudio en los lotes y seguimiento de la población de estudio en los dos lotes seleccionados	# de zonas demarcadas	Gestión	Seis zonas demarcadas por lote	Registro	Restricción del acceso da lotes por directrices de manejo de pandemia COVID 20
Seguimiento de planta marcadas en las áreas de cada lote y toma de datos	# de individuos en seguimiento por zona de 120 m ² por lote	Impacto	100 individuos en seguimiento por zona por lote	Informe	No aparición de la enfermedad de interés. Afectación de plantas por factores bióticos y abióticos que afecten el material vegetal
Procesamiento, análisis y discusión de datos de variables y crecimiento y desarrollo	# de individuos analizados (UE =4) por lote	Impacto	48 individuos analizados por lote	Informe	No aparición de la enfermedad de interés. Afectación de plantas por factores bióticos y abióticos que afecten el material vegetal

	FICHA TÉCNICA		
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	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 km², 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, 3 técnicos de Fedepapa, 1 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 profesores investigadores 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 cinco trabajos de pregrado en los cuales se abordarán los objetivos planteados. Se consideran trabajos a nivel de

	FICHA TÉCNICA		
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62

laboratorio, invernadero y campo en lotes comerciales en Cundinamarca. A continuación, se presenta la metodología general por cada objetivo planteado.

1. Análisis epidemiológico del marchitamiento vascular ocasionado por *Verticillium* en cultivos de papa. Se seleccionarán lotes con presencia de la enfermedad en zonas contrastantes por características climáticas para la evaluación de la dinámica espacio-temporal de la enfermedad. Se realizarán muestreos desde los 50 días después de siembra (DDS), cada ocho días hasta los 90 DDS. Se registrará la incidencia y severidad de la enfermedad. Con estos datos se realizará el cálculo de índices para evaluar la distribución espacial de la enfermedad, se determinará su comportamiento espacial a partir del ajuste de los datos a los modelos de los semivariogramas, se generarán mapas de distribución de la enfermedad y se seleccionará el modelo temporal a partir del mejor ajuste de los datos. La relación de la enfermedad y el clima se realizará mediante el análisis de datos de clima históricos y registrados *in situ* para las zonas de estudio.

2. 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 de los organismos aislados se realizará mediante la identificación de caracteres microscópicos y macroscópicos de las colonias. Mediante técnicas moleculares se confirmará la identidad de los agentes causales aislados (Rubila, 2010). Por otra parte, muestras de plantas afectadas por DOD serán remitidas al laboratorio de diagnóstico del ICA para su procesamiento y análisis.

3. Generación de patrones espectrales para el marchitamiento por *Verticillium* y afectación por DOD en papa como herramienta de detección. Se realizarán vuelos sobre cultivos afectados en las dos etapas fenológicas del cultivo determinantes para la identificación de los síntomas con imágenes multiespectrales capturadas con dron. Estas imágenes serán capturadas a una altura de 27 m utilizando el sensor Parrot Sequoia, el cual cuenta con 4 bandas

	FICHA TÉCNICA		
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62

espectrales (verde, rojo y borde rojo e infrarrojo cercano). Cada vuelo será contrastado con datos obtenidos a partir de muestreos del lote con áreas aproximadas de 2 m², con el fin de comparar y verificar la calidad de información obtenida con el sensor. Se aplicará la metodología utilizada en las imágenes capturadas en el semestre anterior, lo cual implica el uso de algoritmos de aprendizaje de máquina (Random Forest) generando clasificaciones con alta exactitud para de esta manera evaluar su aplicabilidad y reproducibilidad en cultivos afectados.

4. Evaluación de la respuesta de variedades de papa cultivadas en el departamento de Cundinamarca a *Verticillium*. Se seleccionará un lote que presente una alta presión de inóculo de *Verticillium* spp. en suelo para evaluar la respuesta de variedades (de las que se logre obtener semilla suficiente) de papa a la enfermedad. En este lote se sembrará semilla sana de las variedades de interés en bloques de 4.0 m² (4 metros lineales) por cada variedad, con mínimo 15 repeticiones. Se seguirá un manejo comercial del cultivo según la zona. Se realizará el seguimiento al ciclo del cultivo con muestreos semanales evaluando la incidencia y severidad de la enfermedad, al final del ciclo se evaluará el rendimiento y calidad de cada variedad. Durante el estudio, se tomarán muestras para confirmar la presencia del patógeno en plantas y en los tubérculos producidos en cada variedad.

5. Evaluación de fungicidas comerciales in vitro como alternativa potencial de manejo de *Verticillium* spp. Se realizarán pruebas con fungicidas enmendando el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) con tres dosis de cada ingrediente activo sobre el patógeno aislado a partir de plantas de cultivos en Cundinamarca (Huarte y Capezio, 2011). Se evaluarán los ingredientes activos metil tiofanato, propamocarb, captan y boscalid. El patógeno se sembrará en los medios enmendados y se incubarán a 24°C en oscuridad. Se registrará el diámetro de la colonia cada tres días por 15 días, al final del ensayo se medirá la producción de conidios y microesclerocios. En el medio agar agua enmendado se evaluará el efecto sobre la germinación de los propágulos del patógeno (Naraghi et al., 2010). Se usará un diseño completamente al azar con un arreglo factorial (4 x 3 x 2), donde el primer factor corresponde a los fungicidas, el segundo factor a las dosis y el tercer factor a los aislamientos a evaluar, con cinco réplicas y en dos momentos en el

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

tiempo. Los datos se analizarán empleando el software RStudio, se realizará un ANOVA y pruebas de comparación múltiple de Tukey ($\alpha < 0.05$) para establecer diferencias significativas.

6. Evaluación de *Verticillium* spp. en tubérculo semilla y análisis de algunas estrategias de manejo. Se evaluará la calidad fitosanitaria de semillas de diferente origen incluyendo muestras del material de siembra de productores registrando la historia de la semilla. 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*.

Con respecto a formas de transmisión del patógeno bajo condiciones de invernadero se evaluarán dos posibilidades: (i) transmisión del patógeno de plantas enfermas al tubérculo y (ii) transmisión a partir de suelo infestado por el patógeno. En el primer caso, se realizará la siembra en suelo autoclavado, de tubérculos obtenidos a partir de plantas de la variedad Diacol Capiro identificadas como enfermas de por lo menos tres lotes; se sembrarán para cada patología 10 repeticiones, siendo la unidad experimental 10 tubérculos. Para el segundo método de transmisión, se sembrará semilla sana de la variedad Diacol Capiro, con 10 tubérculos como unidad experimental con 10 repeticiones; en este caso, el suelo a usar provendrá de tres lotes reportados con el problema. En ambos ensayos se medirá la incidencia y severidad de la enfermedad y se realizarán aislamientos al finalizar los ensayos para confirmar la presencia o ausencia de *Verticillium*. El seguimiento de la temperatura y humedad relativa durante los ensayos se realiza mediante dataloggers instalados en el área de estudio.

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

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

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

7. Evaluación del efecto de *Verticillium* spp. sobre variables de crecimiento y desarrollo en plantas de papa variedad Diacol Capiro. En lotes seleccionados para el seguimiento de la madurez temprana causada por *Verticillium* se evaluarán variables de crecimiento y desarrollo en plantas visualmente sanas y afectadas por el patógeno. Se registrará el crecimiento de la planta a partir de la escala BBCH (Hack et al., 1993), la longitud y diámetro del tallo, área foliar y peso seco y fresco de la parte aérea. Como variables fisiológicas se medirá la conductancia estomática, el contenido relativo de clorofilas, la fluorescencia de la clorofila y el contenido relativo de agua. Sobre los tubérculos se medirá el calibre, peso seco y fresco, gravedad específica, azúcares reductores y calidad de fritura (Lora et al., 2008; Rodríguez et al., 2016; Contreras, 2017). Observaciones similares se considerarán en el caso de la presencia de DOD. Los datos se analizarán empleando el software RStudio, se realizará un ANOVA y pruebas de comparación múltiple de Tukey ($\alpha < 0.05$) para establecer diferencias significativas.

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 información y el desarrollo de los trabajos a nivel de campo. El actor tendrá a cargo la ejecución de la investigación y divulgación de los resultados obtenidos a los diferentes niveles.

CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62

[illegible]

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.

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

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 oportuna, el proyecto favorecerá la implementación de medidas más 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 de agroquímicos 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

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

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.

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 alteraciones será útil para su reconocimiento en campo por parte de 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

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

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 del desorden de origen desconocido que afecta los cultivos de papa (DOD). 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.

8. PRESUPUESTO

FNFP

ÍTEM	VLR UNITARIO	CANTIDAD	UND MEDIDA	VLR TOTAL 2021
SERVICIOS PERSONALES				\$ 88.300.000
Honorarios pregrado	650.000	36	Meses	\$ 23.400.000
Honorarios Maestría	2.950.000	22	Meses	\$ 64.900.000
GASTOS GENERALES				\$ 11.500.000
VIÁTICOS Y GASTOS DE VIAJE				\$ 3.000.000
Viáticos	100.000	30	Viáticos	\$ 3.000.000
TRANSPORTES, FLETES Y ACARREOS				\$ 8.000.000
Transportes suelo	100.000	5	Viajes	\$ 500.000
Transportes	500.000	15	Viajes	\$ 7.500.000
MATERIALES Y SUMINISTROS				\$ 500.000
Papelería	250.000	2	Semestres	\$ 500.000
ESTUDIOS Y PROYECTOS				\$ 48.500.000
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA				\$ 48.500.000
Reactivos	15.000.000	1	Paquete	\$ 15.000.000

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

Adecuaciones invernadero	6.000.000	1	Paquete	\$	-
Alquiler de dron para imágenes multiespectrales	850.000	12	Vuelo de drones	\$	10.200.000
Diagnóstico de muestras	60.000	60	Muestras	\$	3.600.000
Análisis microbiológicos	150.000	60	Muestras	\$	9.000.000
Análisis de suelo	120.000	60	Muestras	\$	7.200.000
Insumos agrícolas lotes de pruebas	2.500.000	1	paquete	\$	2.500.000
Suelo Negro	500.000	2	Viajes	\$	1.000.000
TOTAL PRESUPUESTO				\$	148.300.000

FEDEPAPA

ÍTEM	VALOR
SERVICIOS PERSONALES	13.127.778
GASTOS GENERALES	6.510.482
TOTAL CONTRAPARTIDA	19.638.261

UNIVERSIDAD NACIONAL

ÍTEM	Horas /semana	VLR TOTAL 2021
PROFESORES		\$ 88.793.472
Sandra Gómez Caro	7	\$ 26.254.368
Liz Patricia Moreno Fonseca	4	\$ 18.623.616
Joaquín Guillermo Ramírez	2	\$ 12.885.504
Carlos Eduardo Núñez López	3	\$ 22.814.208
Jesús Ospina	2	\$ 8.215.766
INFRAESTRUCTURA		\$ 93.600.000
Capacidad instalada Laboratorio Sanidad Vegetal L-218		\$ 48.000.000
Invernadero		\$ 36.000.000
Oficinas docentes		\$ 9.600.000
TOTAL PRESUPUESTO		\$ 182.393.472

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

- 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>

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

- 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.
- 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.

	FICHA TÉCNICA			
	VERSIÓN: 03	FECHA: 20-05-2020	CÓDIGO: FNFP-F-FP-35-62	

Contreras, M. 2017. Determinación de la relación entre el contenido de almidón y materia seca con la gravedad específica de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum*). Universidad nacional del centro del Perú. para optar el título profesional de: ingeniero en industrias alimentarias.

Lora, R., López, A., Gómez, R., Bernal, H. 2008. efecto de dosis de fe, cu, mn, zn, b y mo en el contenido de azúcares reductores y totales y en la calidad de fritado en papa criolla (*Solanum phureja*). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 11(2), 163-173.

Rodriguez, L., Sanjuanelo, D., Ñustez, C., Moreno, L. 2016. Growth and phenology of three Andean potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) under water stress. Agronomía Colombiana 34(2).