



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÓNOMO

***Título:*** Influencia de las variables meteorológicas en el desarrollo fenológico y la aparición de plagas en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en Aguada de Pasajeros

Autor:

James Merrick Pérez García

Tutor:

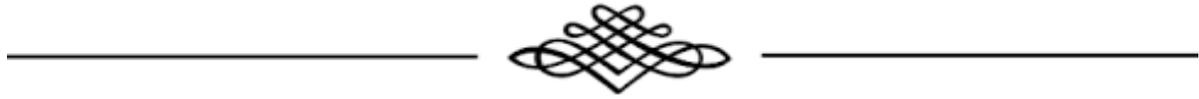
*M.Sc.* Sinaí Barcia Sardiñas

*M.Sc.* José Ramón Mesa

Cienfuegos, Cuba

CURSO MMXVIII-MMXIX

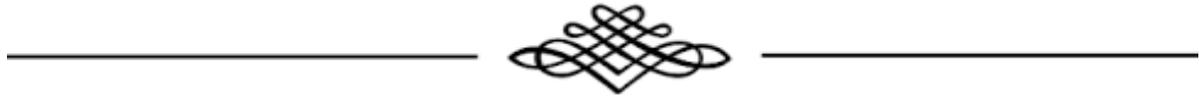
# *Pensamiento*



*Manchmal müssen Sie an die Spitze gelangen, um zu verstehen, wie klein Sie sind.*

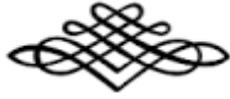
*Felix Baumgartner*

# *Agradecimientos*



*A: Sinaí, Mesa, Marlene, Danilo y a mí.*

# *Dedicatoria muy especial*



*A los que luchan, a los que sueñan y a los que nunca se dan por vencido ...*

# *Resumen*



## **Resumen**

La investigación se realizó en ocho campos de frijol en las campañas de 2015 hasta 2019 en el municipio de Aguada de Pasajeros con el objetivo de evaluar la influencia del clima sobre el desarrollo fenológico y la aparición de plagas en el frijol en este territorio. Se utilizaron los datos meteorológicos de la estación agro-meteorológica enclavada en el municipio, así como los reportes (telegramas agro-meteorológicos) decenales correspondientes al régimen agro-meteorológico de la provincia. Se analizó el desarrollo fenológico de cada uno de los campos estudiados y la aparición de plagas en relación con el comportamiento de la temperatura, humedad relativa y lluvia, para determinar así su relación estadística. Se obtuvo que en el municipio se alcanzan las condiciones climáticas óptimas para la siembra del frijol en el bimestre noviembre-diciembre correspondiente a la época intermedia. En las cuatro campañas estudiadas los campos que se sembraron en las etapas intermedia y tardía tuvieron una duración del ciclo vegetativo mayor que en la etapa temprana dado por la influencia de menores temperaturas. Se demostró que la temperatura media y máxima fueron las que mayor influencia tuvieron en la aparición y mayor afectación por enfermedades fungosas. En los insectos se confirmó que la aparición estuvo muy relacionada con la presencia de períodos cálidos y secos. Los resultados obtenidos en la investigación contribuyen a mejorar los boletines agro-meteorológicos que brinda el Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos.

**Palabras clave:** clima, frijol, desarrollo fenológico, enfermedades, siembra.

# *Abstract*



## **Abstract**

The investigation was done in eight bean fields in the campaigns from 2015 up to 2019 in the municipality of Aguada de Pasajeros with the objective of evaluating the influence of the climate on the phenological development and the appearance of plagues in the bean in this territory. The meteorological data of the agrometeorological station were taken in the municipality, such as the reports (agrometeorological ten-days telegrams) corresponding to the agrometeorological regimen of the municipality. The phenological development was analyzed of each one of the studied fields and the plagues appearance in relation on the behavior of the meteorological main variables, determining like this in a statistical relationship. It was obtained in the municipality the climatic good conditions are optimum to sow bean in bimonthly November-December corresponding to the intermediate stage. In the four studied campaigns the fields that were sowed in the stages intermediate and late stage had a duration of the vegetative biggest cycle that in the early stage given by the influence of low temperatures. It was demonstrated that the middle and maxim temperature were those that had major influence in the appearance and major affectation for fungous illnesses. In the insects its confirmed that their appearance was very related with the presence of warm and dry periods. The results obtained in the investigation will contribute to improve the agrometeorological bulletins that offers the Meteorological Provincial Center of Cienfuegos.

**Key words:** climate, common bean, phenological development, diseases, sow.

# *Índice*



Introducción.....	1
<b>Capítulo I: Revisión Bibliográfica .....</b>	<b>7</b>
1.1 Origen del frijol .....	7
1.2 Distribución global .....	7
1.3 Introducción en Cuba .....	8
1.4 Importancia del cultivo del frijol en el mundo, en América Latina y el Caribe .....	8
1.5 Importancia nutritiva .....	9
1.6 Posición taxonómica del frijol común.....	9
1.7 Características botánicas.....	10
1.8 Fases y etapas de desarrollo en la planta de frijol. ....	10
1.9 Época de siembra .....	11
<b>1.10 Condiciones edafoclimáticas.....</b>	<b>13</b>
1.10.1 Factor edáfico.....	13
1.10.2 Factores climáticos.....	13
1.10.2.1 <i>Temperatura.</i> .....	13
1.10.2.2 <i>Humedad.</i> .....	14
1.10.2.3 <i>Precipitaciones.</i> .....	15
1.11 Plagas en el frijol .....	15
1.12 Medidas culturales.....	20
<b>Capítulo II: Materiales y Métodos.....</b>	<b>24</b>
2.1 Caracterización de las variables meteorológicas de interés para para el frijol en el municipio Aguada de Pasajeros, provincia Cienfuegos. ....	25
2.2 Caracterización del comportamiento fenológico, así como la incidencia de plagas en el frijol en relación con el comportamiento de la temperatura, humedad relativa y lluvia en el período 2015-2019 en el municipio Aguada de Pasajeros. ....	27
2.3 Determinación de la influencia de las condiciones meteorológicas en el desarrollo fenológico y la aparición de plagas en el frijol en el municipio Aguada de Pasajeros en el período 2015-2019.....	31
<b>Capítulo III: Resultados y Discusión.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 Caracterización de las variables meteorológicas de interés para el frijol en el municipio Aguada de Pasajeros. ....</b>	<b>34</b>
3.1.1 Análisis de variables relacionadas con la temperatura. ....	34
3.1.2 Análisis de las variables relacionadas con las precipitaciones.....	35
3.1.3 Análisis de las variables relacionadas con la humedad relativa. ....	36
3.1.4 Análisis de fenómenos meteorológicos peligrosos en el municipio Aguada de Pasajeros relacionados con el frijol. ....	37
3.1.4.1 <i>Tormentas Locales Severas.</i> .....	37
3.1.4.2 <i>Lluvias Intensas.</i> .....	38
3.1.4.3 <i>Sequía Meteorológica.</i> .....	39
<b>3.2 Comportamiento del desarrollo fenológico y la aparición de plagas en el cultivo del Frijol en el municipio Aguada de Pasajeros en relación con las condiciones meteorológicas. ....</b>	<b>40</b>
3.2.1 Campaña 2015-2016.....	40
3.2.1.1 <i>Caracterización del comportamiento de las principales variables meteorológicas que inciden en el frijol en Aguada de Pasajeros.</i> .....	40
3.2.1.2 <i>Caracterización del desarrollo fenológico del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros.</i> .....	42
3.2.1.3 <i>Comportamiento de plagas y enfermedades fungosas en el cultivo.</i> .....	45
3.2.2 Campaña 2016-2017.....	47

3.2.2.1 Caracterización del comportamiento de las principales variables meteorológicas que inciden en el frijol en Aguada de Pasajeros.....	47
3.2.2.2 Caracterización del desarrollo fenológico del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros.....	49
3.2.2.3 Comportamiento de plagas y enfermedades fungosas en el cultivo. ....	51
3.2.3 Campaña 2017-2018.....	51
3.2.3.1 Caracterización del comportamiento de las principales variables meteorológicas que inciden en el frijol en Aguada de Pasajeros.....	51
3.2.3.2 Caracterización del desarrollo fenológico del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros.....	53
3.2.3.3 Comportamiento de plagas y enfermedades fungosas en el cultivo. ....	55
3.2.4 Campaña 2018-2019.....	55
3.2.4.1 Caracterización del comportamiento de las principales variables meteorológicas que inciden en el frijol en Aguada de Pasajeros.....	55
3.2.4.2 Caracterización del desarrollo fenológico del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros.....	57
3.2.4.3 Comportamiento de plagas y enfermedades fungosas en el cultivo. ....	59
<b>3.3 Evaluación de la influencia de las condiciones meteorológicas en el comportamiento fenológico y la aparición de plagas en el cultivo del Frijol en el municipio Aguada de Pasajeros. ....</b>	<b>60</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>66</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>68</b>

# *Introducción*



## Introducción

El clima y la agricultura son procesos relacionados entre sí, cada uno puede actuar e influir de manera positiva o negativa sobre el otro. Estos deben estar equilibrados dentro de los parámetros normales para que no se afecte el balance y se desencadene un prejuicio contra la humanidad.

El cambio climático es uno de los mayores desafíos en la actualidad y supone una presión adicional para las sociedades y el medio ambiente, el mismo ha sido definido como el problema ambiental más agudo del presente siglo, la cual constituye una seria amenaza para el desarrollo sostenible. Sus efectos son de alcance mundial y de una escala sin precedentes (García, 2012).

El incremento de la temperatura que trae consigo el cambio climático provoca diferentes efectos en la agricultura; por un lado, una mayor temperatura eleva las necesidades de agua de las plantas y por el otro, acelera el desarrollo de los cultivos, lo cual acorta los ciclos de producción y con ello la reducción de los rendimientos. El calentamiento del planeta disminuye la duración del período de heladas e incrementa la temperatura de regiones agrícolas templadas y semifrías, lo que permite ampliar su patrón de cultivo a especies de origen subtropical o tropical (Ruíz, 2012).

Es por ello que en la actualidad muchos trabajos científicos se orientan hacia este tipo de estudio como el de Vázquez et al. (2014) desarrollado en Cuba y Nicaragua. Estos examinan los impactos potenciales del cambio climático sobre el sector agropecuario mediante el uso de la modelación, con el fin de brindar elementos que puedan tomarse en cuenta para la formulación de políticas agropecuarias y ambientales, ya que conocerlos es un primer paso hacia la acción eficaz. Asimismo, se contabilizan los impactos económicos a través de escenarios climáticos futuros.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las legumbres comestibles de mayor consumo a nivel mundial, que proporciona una fuente importante de proteínas, vitaminas y minerales a la dieta de las poblaciones en América, sobre todo en los países en vías de desarrollo (Ulloa et al., 2011). En México, uno de los países mayores productores y consumidores de este grano, el rendimiento es de 7,2 t/ha y una producción nacional de 1 183 868 toneladas (FOSTAT, 2018). En Cuba, el rendimiento

de este cultivo es de 0,8 y 1,1 t/ha para el sector agrícola estatal y no estatal, respectivamente y una producción total de 132,2 mil toneladas, lo cual no satisface la demanda de este importante grano (ONEI, 2017).

Existen varios factores que influyen en el rendimiento del frijol que fueron revisados por Beebe (2012). Aunque las plagas, especialmente las fungosas, son factores limitantes al frijol, los más importantes en muchas zonas de producción son precisamente aquellos para los cuales la especie no fue preparada en su estado silvestre: sequía, altas temperaturas, edáficos, entre otros. Pacheco et al. (2016), al realizar el análisis de los principales elementos que inciden en el rendimiento del frijol común, señalan la incidencia de plagas y enfermedades como determinante en este cultivo.

Entre las enfermedades y sus organismos causales que atacan al frijol se encuentran principalmente la antracnosis (*Colletotrichum lindemutheanum*), la mancha angular (*Pseudocercospora griseola*), la *Rhizoctonia solani*, la roya (*Uromyces appendiculatus*), mientras las plagas incluyen la chicharrita o lorito verde (*Empoasca kraemerii*) y el picudo de la vaina (*Apion godmani*) que atacan la planta durante todo su desarrollo (Beebe, 2012).

Varios trabajos relacionan el comportamiento de este cultivo y el clima, así destaca en la región latinoamericana investigaciones efectuadas por Viviani (2017) quien analiza el clima y la ordenación agrícola en varias ciudades de Pernambuco (Brasil), con el fin de obtener un mapa bioclimático donde se puede ver en qué zona el frijol es más productivo. En Guadalajara (México), Lara (2015) estudia el efecto de la temperatura sobre el desarrollo del frijol, como resultado se muestra un acortamiento en las etapas fenológicas y una afectación al proceso de madurez, ciclo biológico y etapa reproductiva, que ocasiona una disminución en el rendimiento económico a causa del aumento de las temperaturas debido a las condiciones que trae el cambio climático.

A su vez, Cuñarro et al. (2018) abordan los efectos del cambio climático en la agricultura de la mayor de las Antillas, en cuyo estudio destacan la variedad del frijol caupí (*Vigna unguiculata*) por su factible adaptación a las condiciones del suelo y clima.

A escala más local se conocen los trabajos realizados en el municipio de Abreus de la provincia Cienfuegos. Padilla (2013) evalúa el comportamiento agro-productivo de

algunas variedades de frijol en condiciones de clima y suelo en la Unidad Básica de Producción Cooperativista (UBPC) “Victoria de Girón”. Por su parte Gastelúa (2016) aborda del comportamiento morfo-agronómico de variedades de frijol bajo las condiciones de suelo y clima en la Empresa Agropecuaria de Horquita (UEB # 2). Como conclusión obtienen que las variables meteorológicas y suelo no son un impedimento para incursionar a gran escala con el cultivo del frijol.

En la campaña de frío 2015-2016 son reportadas en varias zonas de la provincia de Cienfuegos y en específico en el municipio Aguada de Pasajeros, diferentes plagas en el cultivo del frijol. Entre las más importantes se identifican los crisomélidos, los salta hojas, la *Rhizoctonia* y el *Fusarium* como las de mayor daño.

Este trabajo busca encontrar una relación a la aparición de plagas en el frijol mediante el estudio del comportamiento de las principales variables meteorológicas. De este modo se pretende responder a las problemáticas fitosanitarias del territorio, toda vez que indaga en el comportamiento del clima en las diferentes fases fenológicas del cultivo, etapas en que son más propensas a plagas y condiciones favorables para su aparición.

A pesar de realizarse trabajos relacionados con el estudio de estas plagas, así como otros que permiten conocer los fundamentales aspectos epidemiológicos de las mismas, en Cienfuegos y en particular en el municipio Aguada de Pasajeros no se han efectuado investigaciones científicas que vinculen las variables meteorológicas con la aparición de plagas en este importante cultivo.

### **Problema científico**

¿Tienen la temperatura, la humedad relativa y precipitaciones una influencia directa sobre el desarrollo fenológico y la aparición de plagas en el frijol en Aguada de Pasajeros?

### **Hipótesis**

La influencia de la temperatura, la humedad relativa y precipitaciones afecta de manera diferente al desarrollo fenológico y provoca la aparición de plagas en el cultivo del frijol.

## **Objetivo General**

- Evaluar la influencia de variables meteorológicas sobre el desarrollo fenológico y la aparición de plagas en el frijol en Aguada de Pasajeros.

## **Objetivos Específicos**

- Caracterizar las variables meteorológicas de interés para el frijol en el municipio Aguada de Pasajeros, provincia Cienfuegos.
- Caracterizar el comportamiento fenológico, así como la incidencia de plagas en el frijol en relación con el comportamiento de la temperatura, humedad relativa y lluvia en el período 2015-2019 en el municipio Aguada de Pasajeros.
- Determinar la influencia de las condiciones meteorológicas en el desarrollo fenológico y la aparición de plagas en el frijol en el municipio Aguada de Pasajeros en el período 2015-2019.

Se emplean métodos teóricos y empíricos: análisis y síntesis de la información obtenida a partir de la revisión de documentos especializados como la consulta del “Manual de instrucciones para realizar observaciones agro-meteorológicas en estaciones y puestos, observaciones directas a los cultivos” y análisis estadístico de variables con el empleo del software SPSS para Windows (versión 17).

Vale destacar además la novedad de este tipo de trabajo al ser la primera vez que en el Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos (CMPCF) en conjunto con la Estación Agro-meteorológica de Aguada, se realiza una investigación de tal naturaleza, cuyos resultados contribuyen de manera significativa a los servicios de vigilancia agrometeorológica que brinda el Centro a las diferentes entidades productivas de la provincia.

Los resultados están encaminados al beneficio de los productores, empresas vinculadas a la agricultura e institutos de investigaciones y sirven para tomar acciones preventivas con el fin de disminuir los daños que puedan causar el comportamiento algunas variables meteorológicas ante un clima cambiante. La aplicación correcta de

los resultados obtenidos permite el ahorro de recursos (productos químicos y/o biológicos, agua y tiempo) gracias a una mayor precisión en el pronóstico de la aparición de plagas y periodos climáticos extremos (altas temperaturas, sequías o lluvias intensas).

Desde el punto de vista social los resultados contribuyen a mitigar los daños económicos por plagas y elevar los rendimientos lo que permitiría un mayor volumen de alimento a disposición de la población.

Finalmente se recomienda la aplicación de buenas prácticas ecológicas en el cultivo como manera de adaptarse a un clima cambiante. De esta forma se contribuye a la protección de los suelos, al ser uno de los principales aportes medioambientales del trabajo.

# *Capítulo I*



## Capítulo I: Revisión Bibliográfica

### 1.1 Origen del frijol

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más antiguos. Su domesticación ocurrió independientemente en Sur América y América Central, para dar lugar a dos acervos genéticos diferentes, el Andino y Mesoamericano (Hernández-López et al., 2013) y fue llevado al viejo mundo como planta ornamental. Actualmente se encuentra distribuido en los cinco continentes y México se ha reconocido como el más probable centro de su origen, o al menos, como el centro primario de diversificación.

Algunos de los hallazgos arqueológicos en México y Sudamérica indican que se conocía hace 5000 años antes de Cristo (Ulloa et al., 2011).

### 1.2 Distribución global

El frijol del género *Phaseolus* está distribuido por todo el mundo. Se cultiva en los trópicos, subtropicos y zonas templadas. Dentro del género *Phaseolus*, las especies *Phaseolus Vulgaris* L., *Phaseolus cocinius* L., *Phaseolus Lunatus* L. y *Phaseolus Acutifolius* Gray son las más importantes agrónomicamente (Mejía et al., 1987). Estudios revelan 50 especies encontradas en América, 5 especies domesticadas, cuatro de ellas cultivadas, al ser la más expandida la *Phaseolus vulgaris* L., la cual ocupa más del 85% de las áreas actuales dedicada a todas las especies *Phaseolus* en el mundo. (Singh, 2001).

Pereira (1990) plantea que el proceso de domesticación redujo la diversidad genética, como lo muestra los patrones de faseolina presente en forma silvestre y cultivada de la especie. En contraste durante y después del proceso de domesticación, la selección por los agricultores del pasado aumentó la variabilidad genética.

Castiñeiras et al. (1992) consideran interesante la hipótesis de que los frijoles hayan sido esparcidos por el hombre más que por sus propios mecanismos de dispersión. Gepts (1991) propone dos rutas, la primera, para las de los tipos de semillas pequeñas y faseolina S, la cual comienza en México, continua por la costa del Caribe, Colombia,

Venezuela y llega eventualmente al Brasil. Alternativamente pudo haber comenzado en México, continuar por las Islas del Caribe y de ahí a Venezuela, Colombia y Brasil. La segunda ruta para cultivares de semillas grandes y faseolina T comienza en Los Andes y llega al Brasil. Autores como Castiñeiras et al. (1992) consideran que esta ruta debe haber sido la vía de la introducción de los cultivares cubanos. Colombia parece ser el punto de encuentro de los cultivares de origen mesoamericano y andino.

### **1.3 Introducción en Cuba**

Castiñeiras (2001) ha confirmado la amplia variabilidad en los materiales cultivados en colectas realizadas en diferentes zonas de la isla. Las primeras introducciones fueron cultivares de semilla grande con faseolina tipo T, que pudieron haber llegado con los indios taínos de América del Sur. Las razas con semilla negra pequeña y faseolina tipo S que prevalece en el germoplasma cubano pueden haber llegado desde México, por la costa norte de América del Sur y el Arco antillano y reintroducidos directamente de México después de la conquista. Sin embargo, CIAT (2001) considera al golfo de México como el punto menos favorable para llegar a Cuba, a pesar de la corta distancia, las fuertes corrientes del golfo hicieron imposible la navegación precolombina. El contacto más probable entre Mesoamérica y Cuba pudo haber sido por la vía de la Florida cuya ruta es considerada la vía de introducción de los cultivares cubanos.

### **1.4 Importancia del cultivo del frijol en el mundo, en América Latina y el Caribe**

La producción mundial de esta semilla registra una tendencia al alza durante la década reciente, impulsada por aumentos en la superficie cultivada, rendimientos promedio y consumo. En el 2017 el 60,5% de la producción mundial se concentró solamente en seis países: India (20,3%), Myanmar (17,4%), Brasil (9,6%), Estados Unidos (5,1%), China (4,2%) y México (3,7%). La producción en Cuba ocupa el puesto 35 con el 0,4% de la producción global (FAO, 2018) a pesar de no contar con una agricultura tecnificada.

El consumo mundial de este grano se estima en alrededor de 17 millones de toneladas y al igual que la producción, muestran una alta concentración ya que los primeros cinco

países consumidores participan en conjunto con el 57,7% del consumo mundial. La India encabeza la lista con el 24,7%, le siguen Brasil, Estados Unidos, México y Tanzania con el 19,0%, 5,5%, 5,3% y 3,3% respectivamente (FAO, 2016).

El frijol forma parte del grupo de leguminosas comestibles. Se considera estratégico, tener en cuenta sus propiedades nutricionales y culinarias, además de su amplia distribución mundial, su importancia para el desarrollo rural y social de muchas economías (Pacheco et al., 2016). En estudios realizados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2014) fue definido este importante grano como alimento tradicional, como fuente de sustento económico, además de un elemento de identificación cultural para un grupo importante de países de América Latina y África.

### **1.5 Importancia nutritiva**

La mayor contribución del frijol común a escala mundial está asociada a la seguridad alimentaria. Sus granos son nutricionalmente ricos en hierro, proteínas y una fuente de fibras y carbohidratos, con un perfil de aminoácidos complementario al de los cereales principales como el maíz, trigo, arroz y cebada (Beebe et al., 2017). Aunque su mayor valor nutricional es atribuido al alto contenido de proteínas que oscila entre el 12% y el 25% del peso de las semillas secas, es decir, 2,5 veces mayor al de los cereales (IIG, 2013).

Desde un punto de vista nutricional, la proteína de leguminosas es relativamente baja en aminoácidos azufrados como la metionina y cisteína, por lo que la calidad de la proteína en la semilla de leguminosa es sub-óptima pero la cantidad de otros aminoácidos esenciales como la lisina y triptófano es mucho mayor que en los cereales (Broughton, 2003). Estudios han señalado que la dieta con leguminosas debe ser complementada con carbohidratos complejos, fibras solubles, vitaminas esenciales y metales (Rodrigo et al., 2004).

### **1.6 Posición taxonómica del frijol común**

Desde el punto de vista taxonómico esta especie es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. asignado por Linneo en 1753. Según Melchior (1964), citado por Weiss Vilhordo, Burin y Handolfi (1988), el frijol común se clasifica de la siguiente manera:

División: *Magnoliophyta*

Subclase: *Rosidae*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

### **1.7 Características botánicas**

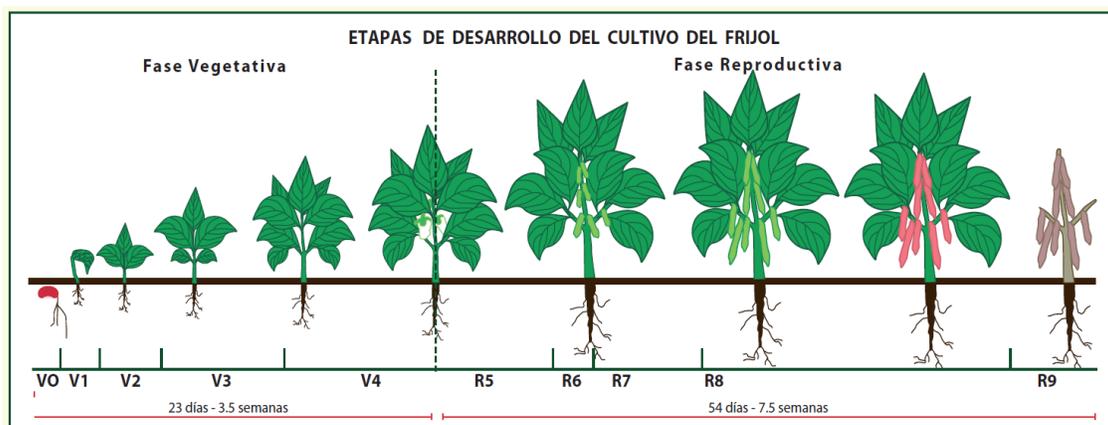
El frijol es una planta dicotiledónea de consistencia herbácea, el ciclo biológico es de entre 80–100 días en el cual la planta requiere de 350-500mm de lluvia en dependencia de la profundidad del perfil, el suelo, las condiciones climáticas y el genotipo (Beebe et al., 2013).

En las plantas de crecimiento indeterminado no se produce influencia en la yema terminal, que puede alcanzar una longitud que varía de 2 a 10m, mientras que en las plantas de crecimiento determinado en la yema terminal se produce una inflorescencia y la planta es de tipo enana, que puede alcanzar un tamaño 20 a 60cm de altura. El color de los granos puede ser uniforme, negros, blancos, amarillos y también pueden encontrarse dos colores con diferentes variantes y en otras ocasiones tres colores diferentes, además pueden tener varias formas: cilíndricas, de riñón, esféricas u otras (Somayoa, 2010).

### **1.8 Fases y etapas de desarrollo en la planta de frijol**

El ciclo del cultivo está bien distribuido en 10 etapas de desarrollo, cinco etapas para el crecimiento vegetativo y cinco para el desarrollo reproductivo (Figura 1). En el desarrollo vegetativo se encuentra: la germinación (V0), la emergencia (V1), las hojas primarias (V2), la primera hoja trifoliada (V3) y la tercera hoja trifoliada (V4). En el

desarrollo reproductivo: la pre-floración (R5), la floración (R6), la formación de legumbre (R7), el llenado de la legumbre (R8) y la madurez (R9), (Polania, 2016).



**Figura 1.** Etapas de desarrollo del cultivo del frijol. Fuente: IICA/COSUDE, Proyecto RED SICTA Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central.

El ciclo biológico del frijol cambia según el genotipo y las condiciones climáticas; durante el desarrollo de la planta se presentan cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para identificar las etapas de desarrollo del cultivo.

#### Fase vegetativa:

La fase vegetativa se inicia cuando se le brinda a la semilla las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado, o los primeros racimos en los cultivares de hábito de crecimiento indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta (Meier et al., 2009).

#### Fase reproductiva:

Esta fase se encuentra comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las plantas de hábitos de crecimiento indeterminado continúa la aparición de estructuras vegetativas cuando termina la fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta produzca simultáneamente hojas, ramas, tallos, flores y vainas (Meier et al., 2009).

### 1.9 Época de siembra

En Cuba, para el cultivo del frijol se ha informado como época de siembra el período comprendido entre los meses de septiembre y enero. Existe una marcada interacción entre las variedades y la época de siembra, en respuesta a las características específicas, propias de estas, relativas al complejo de plagas y condiciones agroclimáticas. A causa de estos factores el período de siembra es dividido en tres etapas: Temprana (septiembre-octubre), Intermedia (noviembre-diciembre) y Tardía (enero-febrero) (Alemán et al., 2008).

En experimentos realizados por Quintero et al. (2007) con un grupo de variedades en diferentes épocas de siembra se refleja que, con disposición de riego adecuado, se obtienen los mayores rendimientos cuando la siembra se realiza en noviembre y diciembre (época intermedia).

La siembra temprana (septiembre y octubre) aporta rendimientos inferiores a la intermedia debido, fundamentalmente, a la pérdida de plantas por exceso de humedad del suelo, a la mayor incidencia de enfermedades fungosas del pie de la planta (*Rizoctonia* y *Sclerotium*) y a la mayor incidencia de tizones bacterianos (Quintero et al., 2007). La etapa temprana de siembra generalmente es empleada por los agricultores que no tienen sistemas de riego, los que aprovechan la humedad residual proporcionada por las últimas precipitaciones del periodo lluvioso (Faure et al., 2013). En estas condiciones de cultivo, frecuentemente, al final del ciclo de vida de algunas variedades, ocurren períodos secos que influyen negativamente en el rendimiento. Ello está dado porque se disponen de variedades adaptadas a los sistemas de cultivo bajo riego, pero no se dispone de material genético de frijol que esté identificado por su nivel de tolerancia al estrés hídrico (Pedroza et al., 2013).

En las siembras tardías (enero y febrero) los rendimientos también decrecen (Quintero et al., 2007). En este caso los principales factores que influyen son la incidencia de roya (*Uromyces phaseoli*) y la elevación de la temperatura en la fase reproductiva de la planta, lo que impide los procesos de fecundación y retención de las legumbres. También se corre el riesgo con las siembras muy tardías que el período de cosecha coincida con las primeras lluvias de la primavera (abril y mayo) lo que entorpece dicha operación y hasta puede ocasionar la pérdida total de la cosecha. Si no se dispone de

riego el período de siembra se restringe obligatoriamente desde septiembre hasta mediados de octubre.

## **1.10 Condiciones edafoclimáticas**

Este cultivo es muy sensible a la acción de los factores ambientales (ecológicos), pueden estos agruparse de forma general en tres categorías: edáficos, climáticos y bióticos. Todos estos factores actúan de forma holocenótica sobre el cultivo, tanto en sentido beneficioso como perjudicial (Socorro y Martín, 1989). El objetivo fundamental de la ciencia agrícola en general y de la agricultura sustentable en particular es actuar sobre dichos factores ambientales y sobre la especie cultivada para optimizar, de forma favorable al hombre y al entorno agrícola, la interacción cultivo-ambiente.

### **1.10.1 Factor edáfico.**

Este cultivo se desarrolla bien a alturas de 800-3 000m sobre el nivel del mar, y requiere un pH entre 5,0 y 6,5; suelos de textura liviana, buena fertilidad, bien drenados, de topografía plana y un subsuelo permeable son características óptimas para la obtención de altos rendimientos (Socorro y Martín, 1989).

### **1.10.2 Factores climáticos.**

Las variables meteorológicas que más influyen en el desarrollo del cultivo son la temperatura, precipitaciones y la humedad. Tanto los valores promedio como las variaciones diarias y estacionales tienen una influencia importante en la duración de las etapas de desarrollo y en el comportamiento del cultivo (Ríos, 2003).

De forma general, es una planta de día corto y tolera la baja intensidad luminosa por lo que se puede cultivar con éxito en asociación con otras plantas. Para su normal desarrollo el frijol necesita que su ciclo vital transcurra en un período con temperaturas moderadas, suficientes, pero no excesivas lluvias durante la fase vegetativa y parte de la reproductiva, un período seco durante la fase de maduración y cosecha del grano (Quintero, 1996).

#### ***1.10.2.1 Temperatura.***

La planta de frijol crece bien en temperaturas promedio entre 15 y 27°C. En términos generales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración y se producen semillas pequeñas. Las temperaturas extremas (5 o 40°C) pueden ser soportadas por períodos cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles (Ríos, 2002).

Las temperaturas altas inducen el aborto de las flores, aumentan la tasa de evapotranspiración y ocasionan el marchitamiento de la planta si hay un suministro insuficiente de humedad en el suelo. Según Zimmermann (1990) la temperatura óptima está comprendida entre los 22°C y 26°C, cuando la temperatura supera este último valor se afecta el sistema reproductivo debido al bajo poder germinativo del polen y de la escasa formación de sustancia encargada de retener los frutos. Otros autores como Barrios y López (2009) consideran como el rango óptimo entre 18°C y 24°C y Ustimenko (1982) plantea que la suma de temperatura requerida para cumplimentar su ciclo es de 1 500 a 3 000°C. En Cuba se considera esta causa como una limitante de la producción en verano (Aquino, 1988; Zimmermann et al., 1990).

Por otra parte, las temperaturas bajas retardan el desarrollo de la planta, con posibilidad de acentuarse en las siembras tardías de diciembre y enero. Ha sido informada la influencia de las bajas temperaturas en la duración de las fases fenológicas, alargándose el ciclo vegetativo del cultivo, donde se ha detectado variaciones entre 66 y los 80 días para alcanzar la madurez de cosecha (Barrios et al., 2011). Así mismo, se ha informado que las temperaturas medias por encima del umbral de máxima para el frijol provocan el acortamiento del ciclo biológico de las diferentes variedades (Lara, 2015).

#### *1.10.2.2 Humedad.*

En general, este cultivo no se adapta a los trópicos húmedos, crece bien desde estos hasta las zonas templadas. Condiciones de seca durante la época crítica de florecimiento e hinchamiento de las vainas son también muy perjudiciales. La humedad del aire no debe tener valores superiores a 80-85% durante parte del período vegetativo, ya que se pueden presentar plagas capaces de destruir la cosecha, o al menos, disminuir los rendimientos (Quintero, 1996).

### 1.10.2.3 Precipitaciones.

En general, este cultivo se desarrolla en áreas con lluvias regulares. De la misma manera el exceso causa la caída de las flores y aumenta la ocurrencia de plagas (Zimmermann, 1988 y 1990). Es una planta sensible tanto al déficit como al exceso de agua en el suelo (Rodríguez, 2009), es por ello que es necesario aplicar el riego en las distintas fases.

Varios autores han informado la incidencia del clima en el desempeño de la fenología de las diferentes variedades (Omae et al., 2012 y Barrios et al., 2011). Se ha planteado que el ciclo biológico del frijol común cambia según el genotipo y las condiciones climáticas y puede presentar una duración aproximada de 75-120 días (Gepts, 1993).

Las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo se dan, por supuesto, en diferentes períodos del año, según las características de cada región dadas fundamentalmente por la ubicación geográfica y la altitud. La situación geográfica de Cuba le permite tener un clima casi ideal en condiciones de trópico. En el verano promedia 14 h/luz y en el invierno 12.5 h/luz, la temperatura media anual es de 26°C con variaciones desde poco menos de 10°C en invierno, hasta 35°C en verano. La humedad del aire oscila entre 60 y 90% en dependencia de la época del año y la hora del día. Las precipitaciones varían por regiones de menos de 700mm anuales hasta más de 2 000mm; la media nacional oscila entre 1 200 y 1 300mm anual, pero hay importantes diferencias entre años (Bernal, 1997).

## 1.11 Plagas en el frijol

El daño ocasionado por plagas foliares en el cultivo del frijol constituye un serio problema para la mayoría de productores que siembran este cultivo. Estudios realizados por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) sobre la distribución de plagas de frijol han permitido identificar y priorizar las mismas, INTA (2013). A continuación, se muestra una descripción de las características generales de algunas de ellas como son: la Mustia hilachosa, Mancha angular, Antracnosis, *Fusarium solani*, Mildio polvoriento, Podredumbre de cuello y/o raíces, *Rhizoctonia solani* Kühn, entre otras.

**Mustia hilachosa** (*Thanatephorus cucumeris*). Es una plaga transmitida por un hongo. Los síntomas aparecen en el follaje y en las vainas. Las lesiones causadas por el micelio aparecen en las hojas primarias como pequeñas áreas necróticas (5-10mm de diámetro) con el centro marrón y el borde verde claro. Posteriormente, se desarrollan y forman lesiones de mayor tamaño, avanzan hacia el tejido no infectado y eventualmente cubren la planta entera, unen hojas, pecíolos, flores y vainas con micelio en forma de telaraña (Araya, 2008).

**Mancha angular** (*Isariopsis griseola*). El hongo ataca casi todas las partes aéreas de la planta de frijol, pero los síntomas típicos que caracterizan y le dan el nombre a la plaga son las lesiones o manchas angulares observadas en las hojas.

**Antracnosis** (*Colletotrichum lindemuthianum*). Los síntomas ocurren en las partes aéreas de la planta, menos en la flor. El patógeno tiene la capacidad de atacar la planta en cualquier etapa de desarrollo. Cuando la semilla se encuentra infectada, los primeros síntomas generalmente se observan en los cotiledones, como pequeñas lesiones de color café oscuro a negro. Estas pueden aumentar en tamaño, convirtiéndose en pequeños chancros. En el follaje los síntomas inicialmente aparecen en el envés de las hojas como lesiones pequeñas de color púrpura oscuro a rojo ladrillo, localizadas a lo largo de las nervaduras. Los síntomas en las vainas son muy definidos y fáciles de reconocer. Inicialmente se notan como pequeñas manchas o lesiones redondas de color rojo-púrpura; estas aumentan en tamaño y profundidad paulatinamente, que llegan a ser chancros de formas circulares y profundos (Murguido, 2002).

**Marchitez por Fusarium** (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Phaseoli*). Los síntomas consisten en una podredumbre seca de la porción superior de la raíz pivotante y del cuello, que se vuelve rojizo, además de necrosis de raíces. En la parte aérea se observa una disminución del vigor y la producción de la planta. Las hojas basales muestran clorosis y disecación. El hongo se ve favorecido con suelos muy compactos, exceso de abono nitrogenado, siembras con bajas temperaturas y exceso de humedad en el suelo. Los valores de temperatura óptimos para la plaga son de 15-26°C. Se encuentra universalmente en el suelo y es muy polífago y pueden causar *damping-off*.

En muchas especies, permanece en el suelo y crece de forma saprofítica sobre los residuos de plantas hospedantes y sobre la zona radicular de plantas susceptibles. La diseminación de las esporas y del micelio ocurre por el traslado de residuos infectados y el arrastre por el agua. La compactación del suelo favorece tanto el proceso de invasión como el desarrollo de los síntomas (Martínez, 2007).

***Rhizoctonia solani*** Kühn. Plaga conocida como mustia hilachosa causada por el hongo *Thanatephorus cucumeris* (Frank). La misma representa una limitante en el cultivo de frijol común. (Gálvez, 1994). Se presenta en terrenos infectados con períodos prolongados de lluvias, temperatura de 24°C y humedad relativa promedio del 80% (Acosta, 1989). Esta plaga ataca las raíces, las plantas afectadas son más pequeñas y están marchitas. En la raíz se notan pequeños puntos rojizos alargados que con el tiempo crecen y pueden llegar a formar chancros rojizos, hundidos y oscuros. La raíz principal se deforma y se ven los tejidos internos. En casos muy severos, cerca de las plantas muertas se forman pequeñas estructuras redondas, negras, parecidas a granos de arena. La planta puede ser atacada durante las primeras cuatro semanas.

El hongo sobrevive en restos de cosechas anteriores, por lo que el daño aumenta cuando se cultiva frijol en el mismo sitio por varios años (IICA, 2008).

**Podredumbres de cuello y/o raíces** (*Phytophthora* spp. y *Pythium* spp). Provocan enfermedades tanto en siembras como en trasplantes de los distintos cultivos hortícolas. Si el ataque es anterior a la emergencia lo que se observan son marras de nascencia (*damping-off*). En plántulas provocan en la parte aérea marchitamientos y desecaciones acompañados o no de amarillamientos. La planta se colapsa y cae sobre el sustrato. Al observar el cuello se encuentran estrangulamientos y podredumbres al igual que en las raíces. La similitud de los síntomas, que pueden confundirse entre ellos y con otros provocados por causas no parasitarias hace necesaria la identificación del patógeno en laboratorios especializados. La enfermedad suele ser de evolución rápida y puede llegar a partir de turbas y sustratos contaminados, aguas de riego o arrastrada por el viento cargado de partículas de tierra (Veitía, 2010).

**Roya** (*Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint. var. *Typica* Arth). Fue primeramente informada en Alemania en el año 1975. Esta enfermedad es considerada como una de las más

problemáticas del cultivo. Se desarrolla en ambientes con temperaturas de 17 a 27°C y humedad relativa superior al 80%. La elevación ideal para un buen desarrollo de la enfermedad está ubicada a más de 800 msnm donde se puede encontrar las condiciones antes mencionadas. Esta ataca desde la tercera semana después de la siembra hasta el llenado de vainas (Rosas, 2016).

En las hojas se observan puntos amarillentos que, después de cuatro días de su aparición, presentan en el centro un punto de color oscuro, que se abre y libera un polvo rojizo o color ladrillo, semejante a herrumbre. Estos puntos se distribuyen por toda la hoja. Cuando la planta se acerca a la madurez, los puntos rojizos se vuelven negros. En variedades altamente susceptibles, éstas pueden llegar a medir 1 a 2mm de diámetro. Ataca a las hojas, vainas y muy raramente a los tallos. La formación de estos anillos depende en gran parte de la susceptibilidad y vigor del huésped. Las pérdidas en rendimiento están alrededor del 25%. Puede sobrevivir en restos de cosechas, tutores o malezas, desde donde se disemina muy rápidamente por el viento (Maggio, 2015).

### **Agentes insectiles de importancia**

**Chinche verde hedionda de los frijoles** (*Nezara viridula* (L)). Los adultos tienen forma gruesa, miden de 13 a 17mm de largo, y de 6,0 a 6,5mm de ancho en los hombros. Su cuerpo es intensamente verde, pero algo más claro por debajo. Es una especie polífaga. Pone sus huevos en grupos, en el envés de las hojas; en forma de toneles rojizos, con un opérculo en la parte superior. Las ninfas son al principio de color amarillo con pintas negras que oscurecen después de la primera muda y adquieren el color verde según avanza su desarrollo (Andreu y Gómez, 2007).

**Mosca blanca** (*Bemisia tabaci*). Es una de las plagas más ampliamente distribuidas en regiones tropicales y subtropicales del mundo donde afecta más de 600 especies de plantas cultivadas y silvestres. Esta se adapta muy bien a regiones con altitudes entre 950 y 3 000msnm (valles interandinos y zonas de ladera), con temperaturas promedio de 18 a 22°C y humedades relativas superiores al 60%. Las lluvias fuertes son un factor importante en la dinámica de población de moscas blancas, porque disminuyen el número de adultos en campo y pueden desprender gran cantidad de ninfas, lo cual

ocasiona disminución de los niveles de infestación (Cardona, 2005). Según Morales et al. (2003), la ocurrencia de este insecto está estrechamente asociada a factores que favorecen su reproducción, como es el incremento de períodos de sequía acompañados por altas temperaturas.

Los daños que causa se deben a diversos efectos del insecto en las plantas atacadas, como el debilitamiento de la planta por la extracción de nutrientes; problemas fisiológicos causados por el biotipo B de *B. tabaci*; la excreción de sustancias azucaradas que favorecen el crecimiento de hongos sobre las plantas (i.e. fumagina); y la transmisión de *begomovirus* (*Geminiviridae*). En frijol común, los *begomovirus* del mosaico dorado y el mosaico dorado amarillo son los patógenos más ampliamente distribuidos en Latinoamérica, donde causan pérdidas en rendimiento hasta del 100% (Cuéllar y Morales, 2006). Uno de los daños indirectos y quizá el mayor problema generado por este insecto es la transmisión de virus. *B. tabaci* transmite virus pertenecientes a siete grupos que incluyen *Begomovirus*, *Carlavirus*, *Ipomovirus* y *Crinivirus* (Jones, 2003). Los virus más importantes por el daño causado son los *Begomovirus* y los *Crinivirus* (*Closteroviridae*: *Crinivirus*). También producen decoloración o albinismo de los tejidos jóvenes y de las vainas del frijol (Hassan y Sayed 1999; Rodríguez et al. 2005).

**Salta hojas del frijol** (*Empoasca kraemeri*). Los adultos miden de 3 a 3,5mm de largo por una cuarta parte de esta medida de ancho, presentan una coloración verdosa y tienen forma de cuña. Son más anchos en la base de la cabeza, la cual tiene forma redondeada, y se hacen más angosto gradualmente hacia el extremo caudal. Las patas posteriores son largas y capacitan al insecto para saltar distancias considerables. Las ninfas se asemejan en forma a los adultos, pero carecen de alas al nacer y estas se van desarrollando gradualmente hasta convertirse en funcionales al asumir el estado adulto. Al principio son pequeñas y de color pálido, por lo cual resultan difíciles de observar en las hojas (Andreu y Gómez, 2007).

Este causa sus mayores daños en la etapa floración e inicio del desarrollo de las vainas (Murguido, 1995). Los daños se observan principalmente en las hojas centrales de la parte baja de las cepas, en zonas de sombra. Ocasionalmente se pueden observar

daños sobre los vástagos. En caso de ataques graves las hojas llegan a secarse, los márgenes se vuelven hacia abajo y se puede llegar a una caída prematura, primero las hojas de la base de los tallos. Estos síntomas pueden ser confundidos a veces con virosis (enrollamiento foliar), problemas nutricionales (carencia de potasio o magnesio) u otras enfermedades.

**Pulgón de las habas** (*Aphis cracivora* Koch). El color de este adulto áptero es de pardo rojizo oscuro hasta negro, con áreas dorsales esclerosadas negras y brillantes. La parte media de las antenas son blanquecinas. Los adultos alados son negros y blanquecinos en la parte basal de los fémures y a casi todo el largo de las tibias. Miden de 1,4 a 2,2mm de largo. Se le encuentra con frecuencia en algunas fabáceas y pueden causar serios daños, pero a menudo está presente en plantas pertenecientes a otras muchas familias, especialmente en la estación seca (Andreu y Gómez, 2007).

**Crisomélidos.** Muchísimas especies de la familia *Chrysomelidae* (Coleóptera) atacan al frijol en Centroamérica. Los géneros más comunes son *Diabrotica*, *Cerotoma*, *Colaspis*, *Chalepus*, *Diphaulaca*, *Disonycha*, *Maecolaspis*, *Epitñx*, *Oedion*, *Chus* y *Systema*; *Diabrotica* y *Cerotoma*. Se destacan en la región las especies *Diabrotica balteata* Lee. D de color Erickson, *D. viridula* F., *Cerotoma atrofasciata* Jacoby y *Cruficornis* (Oliv.).

Los crisomélidos ocasionan daños a las plantas de frijol en tres formas:

1. Las larvas atacan semillas en germinación, el hipocótilo, raíces y nódulos.
2. Los adultos se alimentan principalmente del follaje, pero también atacan flores y vainas tiernas.
3. Los adultos de crisomélidos son capaces de transmitir mecánicamente diferentes virus al alimentarse del follaje del frijol.

### **1.12 Medidas culturales**

El uso de rotaciones de cultivo ayuda a que se interrumpa el ciclo de infección al no haber hospederos susceptibles. La eliminación de los residuos de cosecha puede reducir la fuente de inóculo (esporas), ya que en éstas pueden sobrevivir en los cultivos; una adecuada densidad de siembra puede ayudar a que no se establezca un

ambiente húmedo entre las plantas, factor que favorece la infección del hongo. Las fechas tempranas de siembra ayudan a que la planta escape de la infección, ya que los estadios más susceptibles son antes de la floración (Anónimo, 2004 b). El frijol no debe sembrarse en sitios donde en el período anterior haya habido un cultivo de frijol altamente infectado, ni cerca de cultivos que hayan presentado roya (CIAT, 1980).

Cuando se hace un espaciamiento apropiado entre plantas y se mantiene el campo limpio de malezas se consigue una adecuada aireación, lo cual impide que alrededor de las plantas la atmósfera se sature de humedad, especialmente durante la estación lluviosa, condición que favorece el ataque. Es por ello que se recomienda eliminar los residuos de cosecha los cuales pueden contener uredósporas y teliosporas que se pueden constituir en fuente de inóculo (CIAT, 1980).

# *Capítulo II*



## Capítulo II: Materiales y Métodos

Se realizó una investigación de tipo no experimental para las campañas de frío desde el 2015 al 2019 del cultivo del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros. Los datos meteorológicos utilizados en el estudio fueron obtenidos de la estación agrometeorológica de Aguada de Pasajeros (No. 78335), la cual cuenta con una data de más de 40 años. La misma está ubicada en el municipio de igual nombre en la provincia de Cienfuegos a una latitud de 22° 23'N y longitud de 80° 51'W y a 26,34m sobre el nivel del mar (Figura 2).

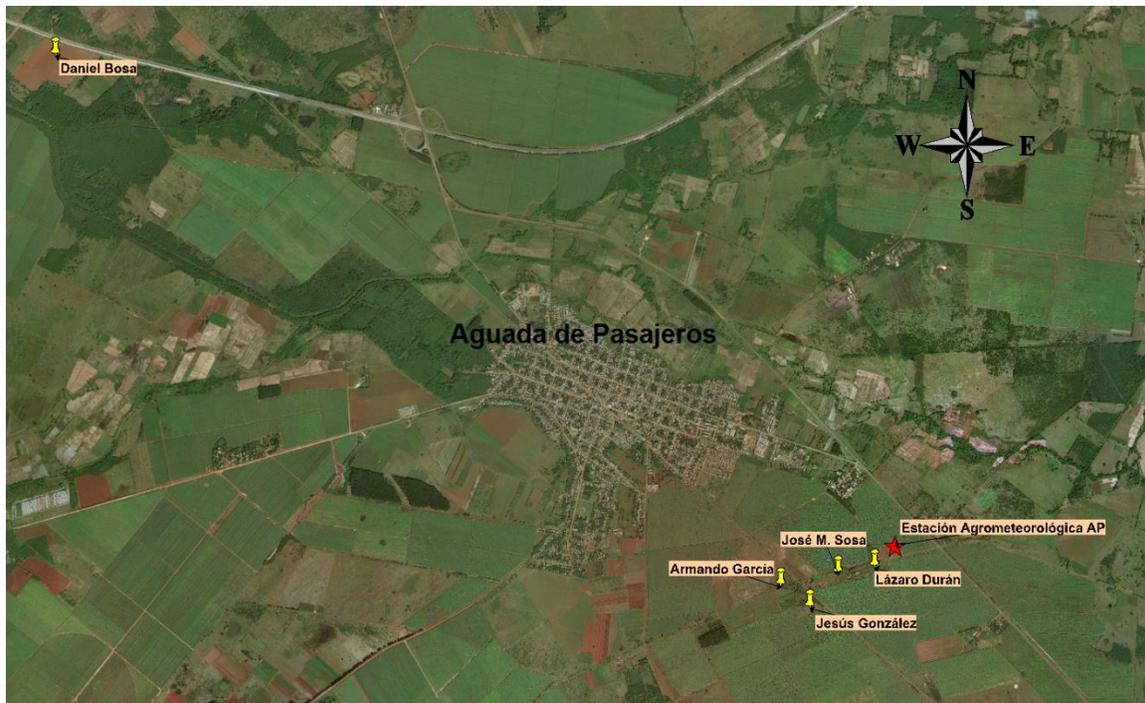
Además, se empleó la segunda parte de los reportes decenales (telegramas agrometeorológicos) elaborados por dicha estación a partir de la información recogida por la Red de Gestión Agrometeorológica del municipio. Este telegrama consta de dos partes: la primera, contiene los datos meteorológicos fundamentales que caracterizaron la decena y la segunda, los datos Agrometeorológicos que caracterizan la humedad del suelo, el desarrollo, crecimiento y estado de los cultivos.

Para la investigación fueron consideradas como unidades productivas a 8 campos de observación pertenecientes a la Red de Gestión Agrometeorológica del municipio donde sembraron frijoles en las campañas consideradas (Tabla 1 y Figura 2). Todo esto se realizó mediante una revisión documental en el Instituto de Meteorología (INSMET).

**Tabla 1.** Campos de observación del cultivo del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros.

No. Campo	Productor	Campaña	Área del Campo (ha)	Variedad de frijol	Rendimiento (t/ha)
1	Daniel Bosa	2015-2016	11	V. Largo	0.72
2	Lázaro Durán	2015-2016	1.4	Cul-156	0.48
3	José Sosa	2016-2017	2.0	Cul-156	0.96
4	Armando García	2016-2017	1.8	V. Largo	0.85
5	Lázaro Durán	2017-2018	1.4	V. Largo	0.98
6	Jesús González	2017-2018	1.4	Cul-156	1.14
7	Armando García	2018-2019	1.8	Delicia-364	1.2
8	Lázaro Durán	2018-2019	1.4	Buena-	1.8

Todos los campos del lugar de estudio poseen un suelo Ferralítico Rojo Típico con excepción del primero (Daniel Bosa) que es Ferralítico Amarillento Típico.



**Figura 2.** Ubicación de los campos de observación.

## 2.1 Caracterización de las variables meteorológicas de interés para para el frijol en el municipio Aguada de Pasajeros, provincia Cienfuegos

Estudios como el de Ríos (2003) y Beebe (2012) plantean que la temperatura, precipitación, humedad relativa, entre otros; son factores que limitan o favorecen la producción de frijol y por ello se escogieron estas variables en la presente investigación.

1. Temperatura media (°C)
2. Temperatura máxima (°C)
3. Temperatura mínima (°C)
4. Precipitaciones (mm)
5. Humedad relativa media (%)

La caracterización de las mismas en la zona de estudio utilizó como norma climática el período 1981-2010 referida en la Guía Climática de Cienfuegos (Barcia et al., 2012), tal y como lo recomienda la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2017). La norma climática es la media de datos climáticos calculadas para períodos consecutivos de 30 años (OMM, 2017).

Los datos se obtuvieron de la base de datos del Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos (CMPCF) la cual se alimenta de las observaciones trihorarias realizadas en las estaciones meteorológicas del territorio. Estas observaciones son sometidas a un riguroso control de la calidad que comienzan a partir de su introducción en el Sistema Automatizado de Revisión de Observaciones Meteorológicas (SAROM) (Núñez et al. 2002) y posteriores chequeos de compatibilidad y consistencia que se realizan en el Grupo de Meteorología Aplicada del CMPCF.

Se analizó gráficamente todas las variables consideradas para determinar su comportamiento anual en función de los requerimientos climáticos del cultivo del frijol. Todos los análisis y gráficos se efectuaron con la ayuda del tabulador Electrónico Microsoft Excel 2016.

Además, se caracterizaron los Fenómenos Meteorológicos Peligrosos (FMP) reportados por esa estación en el período 1977-2018, localizados en los archivos del Centro Meteorológico Provincial Cienfuegos y su relación con el cultivo del frijol. Estos fenómenos son eventos meteorológicos severos que pueden causar grandes daños económicos, materiales e incluso pérdidas humanas en dependencia de la intensidad, grado de afectación y tiempo de actividad. Los FMP son definidos en (INSMET, 2017a) y se consideran los siguientes:

- Ciclones Tropicales
- Vientos fuertes (no asociados a ciclones tropicales).
- Lluvias intensas (no asociados a ciclones tropicales).
- Inundación costera moderada y fuerte.
- Línea de turbonada.
- Frente Frío Fuerte (Sures).
- Tormenta Local Severa (TLS).

➤ Sequía Meteorológica

De ellos, en esta investigación fueron considerados, las lluvias intensas, las TLS y la sequía meteorológica como los de mayor importancia en la campaña de frío.

## **2.2 Caracterización del comportamiento fenológico, así como la incidencia de plagas en el frijol en relación con el comportamiento de la temperatura, humedad relativa y lluvia en el período 2015-2019 en el municipio Aguada de Pasajeros**

Para cumplir con este objetivo se consultó el “Manual de instrucciones para realizar observaciones agro-meteorológicas en estaciones y puestos” (INSMET, 2017b). En él aparecen los procedimientos y metodologías vigentes sobre las fases fenológicas, el nombre de los trabajos culturales y los códigos de los grupos utilizados para la transmisión de la información agrometeorológica.

La codificación en grupos se emplea con el propósito de facilitar la transmisión eficaz de la información obtenida, su interpretación y empleo en los servicios operativos y además, para archivar y procesar las bases de datos que de la misma se deriven. Estos códigos expresan la denominación de una fase fenológica, trabajo realizado u otra cosa. A partir de este procedimiento se elaboran informes o mensajes codificados en los que se resumen todos los elementos o indicadores observados.

La caracterización del comportamiento fenológico de los campos estudiados incluyó la utilización de los grupos II y IV de la segunda parte del reporte decenal de los cuales se extrajo la información referente a la fecha de comienzo de cada fase del cultivo y los trabajos de campo realizados. Estos sirven para clasificar los trabajos realizados, características del cultivo, así como otros datos de interés.

El Grupo II se codifica como: **CCFRB** y el mismo se reporta desde el momento de la siembra de los cultivos en el terreno de observación, hasta su recolección.

**CC-** La denominación numérica de los cultivos (en el caso del frijol es 05).

**F-** La denominación numérica de las fases de desarrollo de los cultivos. Su codificación para el caso del frijol se realiza según la (Tabla 2).

**R-** La denominación numérica del día de la decena en el cual una fase dada “a” (es decir, el 10% de las plantas) comenzó. Si la fase comenzó en el décimo u oncenno día de la decena, se codifica cero. Cuando en una decena dada no comenzó ninguna fase, se codifica con la letra X. Si en el transcurso de la decena en un mismo cultivo fueron registradas dos fases, solo se informa sobre la segunda.

**B-** Estado del cultivo. Su codificación se realiza según la (Tabla 3).

**Tabla 2.** Codificación de las fases fenológicas del frijol.

Designación Convencional de las Fases	LEGUMINOSAS(FRIJOLES, SOJA)
0	-
1	Brotos
2	Tercera hoja en el frijol
3	Quinta hoja en la soja
4	-
5	Formación de inflorescencias
6	Floración
7	Formación de las vainas (solo en la soja)
8	Maduración de las vainas
9	-

**Fuente:** Manual de Instrucciones para realizar observaciones agrometeorológicas en estaciones y puestos (2018).

**Tabla 3.** Escala de apreciación del estado de los cultivos.

Generalidades	Apreciación	B
El crecimiento y desarrollo de las plantas transcurren normalmente. De acuerdo con su altura y población, las plantas son normales, vigorosas, saludables, bien enraizadas, tienen inflorescencias desarrolladas; en los cereales hay muchos tallos espigados, las espigas, panículas y mazorcas son grandes, su contenido en granos es bueno. En comparación con años anteriores se espera un rendimiento alto.	Excelente	5
La población no es suficientemente uniforme, en algunos lugares se observa una escasez de plantas o una insuficiencia de tallos o ramificaciones; se tienen indicios de pequeños deterioros de las plantas, se encuentran hierbas malas, se esperan rendimientos superiores al promedio.	Buen estado	4
La población no es completamente uniforme. La altura y la cantidad de tallos o ramificaciones son de magnitud media. Las inflorescencias tales como espigas, panículas y mazorcas tienen medidas normales. Los campos están invadidos por las hierbas malas, se observan deterioros en las plantas. Se espera un rendimiento medio.	Satisfactorio	3
La población de los cultivos es pobre y desigual, con frecuencia se encuentran lugares vacíos. Las plantas se ven abatidas, son enanas y débilmente ramificadas. Las espigas, panículas, mazorcas y frutos son pequeños. Los	Mal estado	2

campos están fuertemente invadidos por las hierbas malas y dañadas considerablemente por las plagas, así como por los fenómenos desfavorables. Se espera un rendimiento inferior al promedio.

Los cultivos están ralos, son escasos, el deterioro es muy considerable, la población es muy desigual, hay muchos lugares vacíos. Las plantas son enanas, su cantidad de tallos es completamente insignificante, en muchas plantas los brotes laterales no se formaron, los órganos reproductores como espigas, panículas y mazorcas, y los frutos están poco desarrollados. Existe una gran invasión de hierbas malas. Se espera un rendimiento muy bajo.

Muy mal estado 1

El cultivo se ha perdido. No se espera rendimiento alguno.

Pérdida total 0

**Fuente:** Manual de Instrucciones para realizar observaciones agrometeorológicas en estaciones y puestos (2018).

El Grupo IV se codifica como: **CCMMRa** y se utiliza para reportar los trabajos de campo realizados. Este se repite tantas veces como tipos de trabajos de campo fueron realizados en los cultivos durante la decena.

**CC-** Denominación numérica del cultivo (en el caso del frijol es 05).

**MM-** Denominación numérica de los trabajos de campo según la (Tabla 4).

**Ra-** Día de la decena en que comenzó el trabajo de campo. Si comenzó el décimo u onceavo día, se codifica 0.

**Tabla 4.** Códigos de los trabajos de campo.

Trabajos de campo	MM	Trabajos de campo	MM
Roturación de suelos	11	Cosecha de raíces tuberosas	
Roturación de suelos vírgenes	12	a. Mecanizada	37
Gradeo de los campos roturados	13	b. Manual	38
Cultivación	14	Recolección de cultivos técnicos para semilla.	39
Escarificación de los suelos	15	Recolección de las hojas	40
Compactación de los suelos	16		
Siembra directa (con semillas)	17	Recogida del algodón	
Trasplante de las posturas	18	a. Mecanizada	41
Plantación de propágulos.	19	b. Manual	42
Siembras en invernaderos	20	Cosecha de hierbas para Henos	43
Siembras en semilleros	21	Cosecha de hierbas para semillas	44
Fertilizaciones antes de la siembra	22	Cosecha de frutales y hortalizas	45
Fertilizaciones durante la siembra	23		
Fertilizaciones de los cultivos	24	Comienzo del pastoreo del ganado en pastizales y henares naturales	50
Gradeo de los cultivos	25	Terminación del pastoreo del ganado	51
Desmenuzamiento de los entresurcos	26	Riego antes de la roturación de los suelos	60
Aporque de las plantas	27	Riego antes de la siembra	61
Escarde o corte	28		
Sachadura	29	Riego durante el periodo vegetativo	
Aplicaciones de insecticidas	30	a. Primero	62
Recolección	31	b. Segundo	63

Recolección mecanizada de cereales en una operación	32	c. Tercero	64
Recolección mecanizada de cereales en dos operaciones		d. Cuarto	65
a. Siega	33	e. Quinto	66
b. Recogida de mazos de espigas puestos a secar	34		
Recolección de la caña de azúcar			
a. Mecanizada	35		
b. Corte manual	36		

**Fuente:** Manual de Instrucciones para realizar observaciones agrometeorológicas en estaciones y puestos (2018).

La incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo del frijol se obtuvo del análisis del Grupo VI del reporte decenal que se refiere al tipo de deterioro del cultivo y el carácter del mismo. Este se codifica de la siguiente forma: **CCLLA**. El mismo se reporta solamente en aquellos casos en que han sido descubiertos deterioros evidentes de los cultivos, a causa de fenómenos meteorológicos desfavorables o de plagas.

**CC-** Denominación numérica de los cultivos, (en el caso del frijol es 05).

**LL-** La designación del carácter del deterioro, se codifica según la (Tabla 5).

**A-** Porcentaje de deterioro de las plantas, se codifica según la (Tabla 6).

**Tabla 5.** Código del carácter de los deterioros.

Carácter de los deterioros	LL
A causa de granizadas e intensas lluvias	11
Hojas estropeadas y rasgadas	12
Tallos y retoños rotos	13
Derribo de inflorescencias, botones y flores	14
Derribo de los granos	15
Derribo de los sembrados por torrentes de agua	16
Inundaciones de los sembrados	17
Débil encamado de las plantas	18
Encamado de las plantas en grado medio	19
Fuerte encamado de las plantas	20
Encamado de las plantas muy fuerte	21
Costras superficiales del suelo por las lluvias intensas	22
<b>A causa de fuertes vientos</b>	
Rotura de los tallos o de las ramas de los árboles	31
Derribo de las inflorescencias botones y flores	32
Derribo de los frutos no maduros	33
Derribo de los frutos maduros	34
Rotura de los arboles	35
Débil encamado de las plantas	36
Encamado de las plantas en grado medio	37
Fuerte encamado de las plantas	38
Encamado de las plantas muy fuerte	39

<b>Deterioros a causa de la sequía</b>	
Las plantas comenzaron a marchitarse (pérdida de la turgencia por el día)	41
Amarillamiento prematuro de las hojas de los pisos inferiores	42
Deterioro de las hojas (Se tornan pardas o se secan)	43
Secado de los tallos e inflorescencias, desprendimientos de los rudimentos florales	44
Amarillamiento prematuro de las espigas (panículas)	45
Secado prematuro de los estilos filiformes de la espádice del maíz	46
Endebles del grano	47
Marchitamiento de los pastos	48
<b>A causa de plagas</b>	
Débil deterioro de los sembrados por insectos dañinos	51
Deterioro en grado mediano de los sembrados por insectos dañinos	52
Fuerte deterioro de los sembrados por insectos dañinos	53
Deterioro muy fuerte de los sembrados por insectos dañinos	54
Débil deterioro de los sembrados por plagas	55
Deterioro en grado mediano de los sembrados por plagas	56
Fuerte deterioro de los sembrados por plagas	57
Deterioro muy fuerte de los sembrados por plagas	58

**Fuente:** Manual de Instrucciones para realizar observaciones agrometeorológicas en estaciones y puestos (2018).

**Tabla 6.** Porcentaje de los deterioros.

<b>Porcentaje de los deterioros</b>	<b>A</b>
Deterioros de pocas plantas (hasta el 10%)	1
Deterioros de muchas plantas (10 - 50%)	2
Deterioros de la mayoría de las plantas (50 - 80%)	3
Deterioro total (80 - 100%)	4

**Fuente:** Manual de Instrucciones para realizar observaciones agrometeorológicas en estaciones y puestos (2018).

Para cada campaña estudiada se caracterizó el comportamiento de la temperatura, la humedad relativa y la lluvia a escala decenal y se comparó con sus valores históricos con el fin de determinar las características climáticas que predominaron en cada campaña de frío (septiembre-abril). Se elaboraron tablas y gráficos que incluyeron tanto el comportamiento de estas variables como el desarrollo vegetativo (fecha de inicio de fase, duración de esta) de cada campo de estudio que caracteriza de esta forma el comportamiento fenológico del cultivo del frijol, así como las afectaciones por plagas en relación al comportamiento térmico e hídrico de la zona de estudio.

### **2.3 Determinación de la influencia de las condiciones meteorológicas en el desarrollo fenológico y la aparición de plagas en el frijol en el municipio Aguada de Pasajeros en el período 2015-2019**

Finalmente, para cumplimentar el último objetivo se relacionó estadísticamente el comportamiento de las variables meteorológicas estudiadas con el desarrollo fenológico del cultivo (duración del período vegetativo, reproductivo y ciclo total) y los rendimientos con el fin de evaluar la influencia de estas en el mismo. De igual manera se realizó con la afectación por plagas en el cultivo del frijol en los campos de observación y el comportamiento de las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa y precipitaciones).

Para esto se calculó el coeficiente de correlación de Pearson empleando el paquete estadístico SPSS para Windows Versión 17. Se usó este test ya que el software determinó que las variables mostraron una distribución normal. El análisis de los resultados se apoyó en la elaboración de tablas y gráficos.

# *Capítulo III*



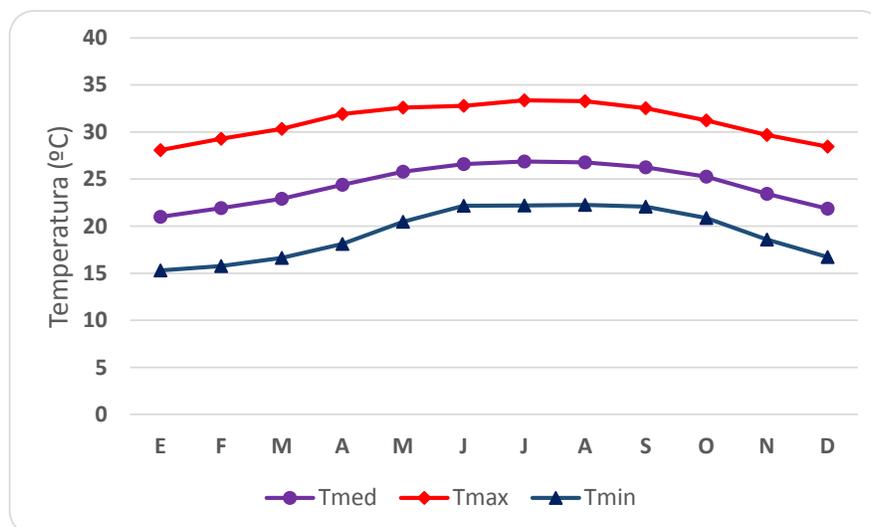
## Capítulo III: Resultados y Discusión

### 3.1 Caracterización de las variables meteorológicas de interés para el frijol en el municipio Aguada de Pasajeros

#### 3.1.1 Análisis de variables relacionadas con la temperatura.

Se analizó la norma histórica de las temperaturas: máxima, mínima y media; así como la oscilación térmica por meses (Figura 3) distinguiéndose que dentro del año se presenta cierta estacionalidad en el régimen térmico, con dos temporadas conocidas como: verano, de mayo a octubre, donde julio y agosto son los meses más calurosos; e invierno, de noviembre a abril, donde enero y febrero son los meses más fríos, lo que coincide con las condiciones climáticas generales del archipiélago cubano señaladas por Lecha et al., (1994) y Pérez (2012).

Se registra un período cálido de mayo a octubre donde los valores medios mensuales superan los 25°C y un período más fresco de noviembre a abril con valores medios mensuales por debajo de este umbral (Figura 4). Julio y agosto se destacan como los meses más cálidos y enero y febrero como los más fríos. No obstante, los valores de temperatura máxima y mínima absoluta reportados en el período 1977-2018 fueron de 37,8°C y 2,7°C registrados el 2 de junio del 2004 y 15 de diciembre del 2010 respectivamente.



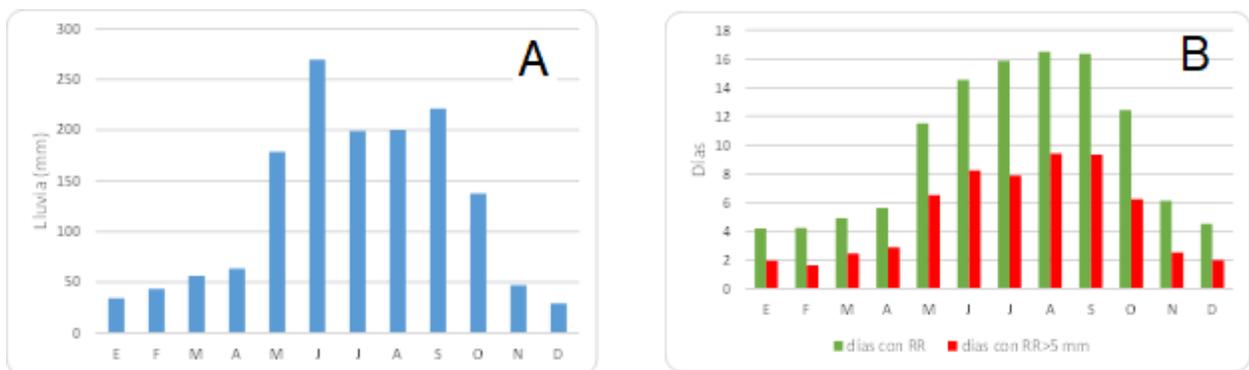
**Figura 3.** Comportamiento de la temperatura mínima, media y máxima en Aguada de Pasajeros en el período 1981-2010.

Este comportamiento en el régimen térmico del municipio fundamenta lo planteado por Quintero et al. (2007) quien propone que la época de siembra del frijol sea después de octubre cuando los valores promedios de esta variable disminuyen por debajo de los 25°C, ya que la elevada temperatura impide los procesos de fecundación y retención.

### 3.1.2 Análisis de las variables relacionadas con las precipitaciones.

El comportamiento de la lluvia en Cuba distingue dos períodos bien definidos: lluvioso, de mayo a octubre y poco lluvioso de noviembre a abril (Lecha et al., 1994). En Aguada de Pasajeros esta variable se comporta de manera similar, donde se destacan como los meses más lluviosos junio y septiembre, los cuales superan los 250 y 200mm mensuales respectivamente, lo cual coincide con los valores máximos de lluvias en 24 horas reportados en el período 1977-2018 (Figura 5A).

Como mes más seco del año resalta diciembre, con un acumulado de 29,4mm; los restantes meses del período poco lluvioso muestran cierta homogeneidad, incrementándose ligeramente los acumulados en los meses de marzo y abril.



**Figura 4.** Comportamiento de acumulados de las precipitaciones (Figura 5A), los días con lluvias (días con RR) y días con lluvia >5mm (días con RR>5mm) (Figura 5B) en Aguada de Pasajeros en el período 1981-2010.

Los días con lluvias y aquellos con índices mayores a 5mm (Figura 5B) tienen este mismo comportamiento, aunque se destaca agosto como el mes con mayor cantidad de días con lluvias, tanto totales como mayores a los 5mm, lo cual no concuerda con el de mayor acumulado de precipitaciones que es junio.

Este comportamiento de las precipitaciones incide en que muchos agricultores que no tienen sistemas de riego siembran frijol entre septiembre y octubre para aprovechar la humedad residual proporcionada por las últimas precipitaciones del periodo lluvioso (Faure et al., 2013).

No obstante, otros autores como Quintero et al. (2007) recomiendan realizar la siembra en noviembre y diciembre porque son meses de baja actividad pluvial y se disminuye el riesgo de inundación y condiciones favorables para enfermedades fungosas. Se conoce por otros investigadores (Zimmermann, 1988 y 1990; Acosta, 1989) que prolongados períodos de lluvia pueden provocar apariciones de plagas.

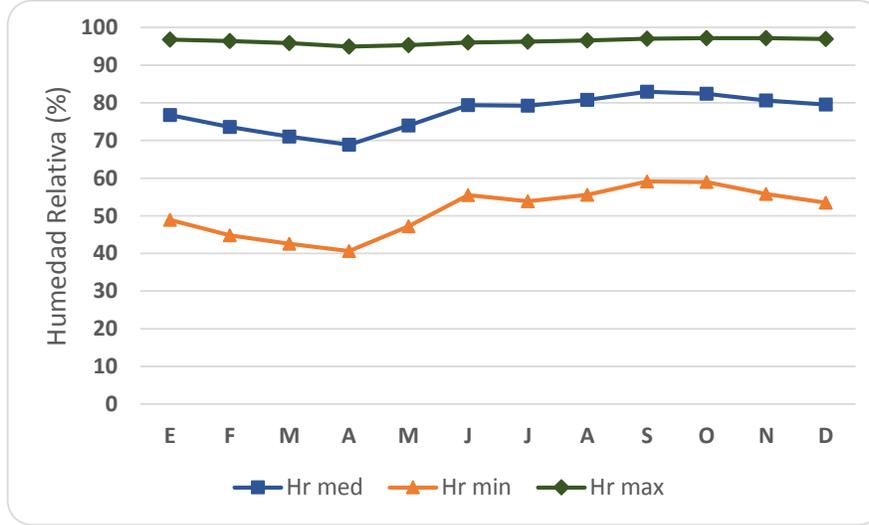
Aquellos campos que se siembran tardíamente (febrero) corren el riesgo de perder la cosecha pues el final del período vegetativo coincide con las primeras lluvias de la primavera.

### 3.1.3 Análisis de las variables relacionadas con la humedad relativa.

El comportamiento histórico de la humedad relativa (Figura 5), mostró gran homogeneidad en la máxima con valores que oscilan entre el 95-97% durante todo el año. Los valores medios y mínimos de esta variable presentaron los valores más elevados de mayo a octubre, meses en que se producen las precipitaciones y temperaturas más elevadas. Esto se debe a que al producirse mayores lluvias y temperaturas se incrementa el contenido de vapor de agua en suspensión en el aire.

Los mayores valores (>80%) de la humedad relativa media tuvieron lugar en los meses de septiembre y octubre, últimos meses del período lluvioso y los mínimos (cerca al 70%) se presentaron en los meses de marzo y abril al finalizar el período poco lluvioso del año (Figura 5).

Debido a este comportamiento los primeros meses de la campaña de frío son los que presentan las condiciones más desfavorables en cuanto a la humedad relativa ya que esta predomina por encima del 80% como promedio. Valores superiores a este umbral durante parte del período vegetativo favorecen la aparición de enfermedades fungosas capaces de destruir la cosecha, o al menos, disminuir los rendimientos (Quintero, 1996).



**Figura 5.** Comportamiento de la humedad relativa: máxima, media y mínima en Aguada de Pasajeros en el período 1981-2010.

### 3.1.4 Análisis de fenómenos meteorológicos peligrosos en el municipio Aguada de Pasajeros relacionados con el frijol.

Entre los fenómenos meteorológicos peligrosos de mayor frecuencia en el municipio Aguada de Pasajeros, se encuentran las tormentas locales severas (TLS), las lluvias intensas, los ciclones tropicales y la sequía meteorológica.

#### 3.1.4.1 Tormentas Locales Severas.

Los granizos, las turbonadas y los tornados son de las TLS de mayor ocurrencia en el municipio. Las turbonadas con rachas de 90km/h (25m/s) o más, son la principal causa de vientos fuertes en Cuba según Alfonso (1994). Los vientos fuertes asociados a las turbonadas y los tornados suelen causar significativos daños sobre todo en las plantaciones de frijol que han alcanzado mayor grado de desarrollo. Estas pueden sufrir al punto de deteriorarse o ser fuertemente movidas. Según Orbe et al. (2009) este fenómeno meteorológico peligroso es más frecuente de mayo a septiembre, coincidente con la época de mayor actividad de tormentas eléctricas. En estos cinco meses se concentra el 80% de las turbonadas. Después del septiembre ocurre una disminución acentuada alcanzando los mínimos entre diciembre y febrero, incrementándose ligeramente en los meses de marzo y abril.

Los granizos tienen un período de gran actividad entre marzo y julio con poca escasez entre octubre y febrero. No obstante, en este último período es posible la ocurrencia asociada a bandas prefrontales muy activas, (Orbe et al., 2009).

En el caso de los tornados estos son menos frecuentes en el territorio con respecto a las turbonadas y las granizadas. Sin embargo, en el período comprendido entre 1850-2018 en el municipio se reportó la ocurrencia de 19 tornados.

El impacto de las gotas grandes de agua durante las tormentas puede ocasionar daños de consideración en las hojas, que incluye marchitamiento o defoliación (Natti y Judge, 1971). El granizo y los rayos pueden inducir raquitismo en las plantas, causar heridas a través de las cuales los agentes secundarios infectan las plantas, o matarlas (Natti y Judge, 1971; Walker, 1969).

La siembra temprana del frijol en el municipio puede estar sujeta a una mayor afectación de TLS ya que los meses de septiembre y octubre están comprendidos entre el período de mayor actividad.

#### *3.1.4.2 Lluvias Intensas.*

En la estación meteorológica de Aguada de Pasajeros, en el período 1977-2018 se reportaron 27 eventos de lluvias intensas (con acumulados superiores o iguales a los 100mm en 24 h). Dentro de ellas se destacaron las asociadas a los ciclones tropicales Lili (1996), Irene (1999), Dennis (2005), Ike (2008) y Alberto (2018) con acumulados superiores a los 150mm en 24 horas. Estos eventos lluviosos se presentaron con mayor frecuencia en los meses de mayo, junio, septiembre y octubre. No obstante, en ocasiones estos ocurrieron en el período comprendido entre noviembre y abril.

En el mes de noviembre todavía está activa la temporada ciclónica en el océano Atlántico por lo que es posible la ocurrencia de lluvias intensas asociadas a estos fenómenos, como lo fue el caso del Huracán Michelle a principios de noviembre de 2001.

La alta humedad del suelo y las inundaciones pueden lixiviar nutrientes esenciales para el desarrollo normal de la planta, disminuir el contenido de oxígeno, inducir clorosis

general y aumentar los niveles de subproductos tóxicos resultantes del metabolismo anaerobio (Schwartz y Gálvez, 1980).

Según estudios realizados por Burin et al., (1991), precipitaciones excesivas después del estado de floración provocan un alto porcentaje de abscisión floral. Cuando las raíces están en un ambiente completamente saturado en agua, el oxígeno llega a ser un factor limitante y el funcionamiento de las raíces sufre notablemente (Write, 1985).

Prolongados períodos de lluvia pueden ser destructivo, aunque sea de corta duración ya que tiene un efecto negativo sobre las siembras. Provoca sobrehumedecimiento a causa de la saturación del suelo y trae consigo arrastres de tierra, cosechas, plantas y diseminación de hongos (Zinmermann, 1988 y Acosta, 1989).

#### *3.1.4.3 Sequía Meteorológica.*

La sequía es otro fenómeno meteorológico que se ha evidenciado en el municipio. Según Estupiñán et al. (2015) el municipio Aguada de Pasajeros presenta peligro severo de sequía meteorológica y agrícola en el período poco lluvioso del año que se corresponde en su primer trimestre (noviembre-enero) con el de siembra de frijol. En el período desde 1961-2018 el territorio fue afectado por varios eventos de sequía meteorológica entre los que se destacan: 1961-1964, 2003-2005 y 2014-2017 (Barcia y Angulo, 2011 y Barcia et al., 2019).

El evento de sequía meteorológica más reciente que afectó el municipio tuvo una duración de seis períodos estacionales. Desde mayo 2014 hasta abril 2017 se apreció un déficit de precipitaciones que incidió en muchos cultivos, que incluye al frijol. Los períodos estacionales poco lluviosos más deficitarios en cuanto a las precipitaciones fueron los correspondientes al 2014-2015 y 2016-2017, en el cual el déficit hídrico cubrió el 100% del territorio (Barcia et al., 2019).

El frijol común es considerado como un cultivo de baja tolerancia al déficit severo de agua (Rojas et al., 1990). Un bajo contenido de humedad en el suelo puede ocasionar daños en las plantas de frijol, debido a la falta de agua para las raíces, la acumulación de iones tóxicos tales como magnesio y boro, el cierre de los estomas, la menor absorción de CO<sub>2</sub>, y el marchitamiento temporal o permanente de la planta (NAS, 1968).

Beebe (2012), al revisar los factores que más influyen en los rendimientos del frijol considera que los más importantes en muchas zonas de producción son precisamente aquellos para los cuales la especie no fue preparada en su estado silvestre como la sequía ya que afecta la ecología del área biogeográfica.

Durante la sequía las plantas no pueden extraer agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica, aunque la humedad ambiental sea saturada reducen su desarrollo a causa de la carencia alcanza un bajo desarrollo y en prolongados períodos, la muerte.

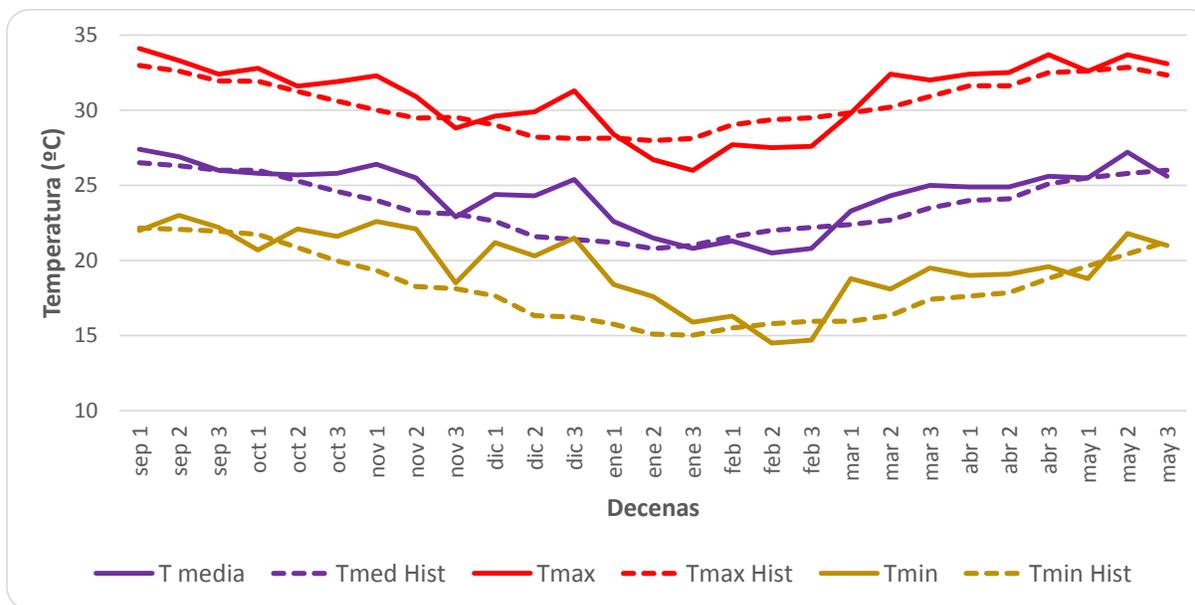
### **3.2 Comportamiento del desarrollo fenológico y la aparición de plagas en el cultivo del Frijol en el municipio Aguada de Pasajeros en relación con las condiciones meteorológicas**

#### 3.2.1 Campaña 2015-2016.

##### *3.2.1.1 Caracterización del comportamiento de las principales variables meteorológicas que inciden en el frijol en Aguada de Pasajeros.*

Las temperaturas en Aguada de Pasajeros tuvieron un comportamiento predominante por encima de la norma histórica hasta principios del mes de enero. Los valores medios de esta variable se mantuvieron por encima de los 25°C hasta la segunda decena de noviembre algo que no es común. Después de esta fecha se mantuvo por debajo de este umbral al ser los meses de enero y febrero los más frescos. A partir de abril volvió a experimentar un ascenso por encima de los 25°C como promedio (Figura 6). Este comportamiento de las temperaturas favoreció el cultivo del frijol en aquellos campos sembrados en la etapa intermedia fundamentalmente.

Las temperaturas mínimas fueron las que experimentaron las mayores anomalías negativas como se puede ver en la (Figura 6) presentándose varias decenas con desviaciones por encima de los 3°C, al ser octubre, noviembre y diciembre los meses más significativos.



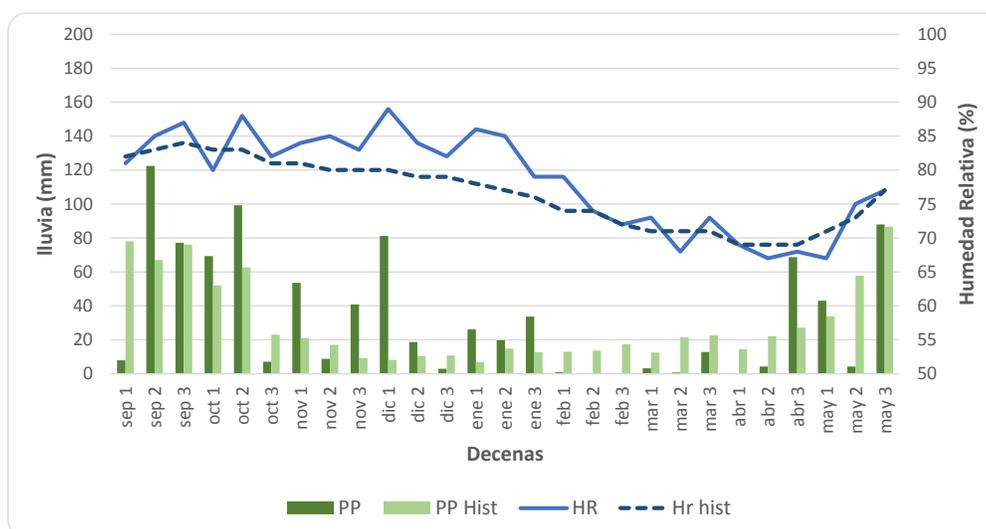
**Figura 6.** Comportamiento decenal de la temperatura media, mínima y máxima con respecto a sus valores históricos en Aguada de Pasajeros desde septiembre 2015-mayo 2016.

Las máximas tuvieron un predominio por encima de los 30°C en todo el período analizado con excepción de los meses de enero y febrero en que predominaron por debajo de los 28°C. Este comportamiento es totalmente anómalo ya que en el municipio el período con temperaturas máximas del aire por encima de los 30°C abarca desde marzo hasta noviembre con 263 días como promedio al año (Barcia et al., 2012).

En correspondencia con el comportamiento de la lluvia, la humedad relativa mostró sus mayores valores en esta campaña desde el mes de septiembre hasta enero con valores medios entre el 80-85% (Figura 7). Esta situación estuvo debida a las lluvias registradas en estos meses las cuales predominaron por encima de los valores históricos fundamentalmente en noviembre, diciembre y enero. Las precipitaciones en este trimestre estuvieron condicionadas con la presencia de un evento El Niño-Oscilación del Sur clasificado como Fuerte, fenómeno que tiene su mayor impacto en la isla específicamente en el período poco lluvioso al incrementar los procesos de lluvia.

Durante los meses de febrero, marzo y primera mitad de abril las lluvias disminuyeron notablemente y nuevamente predominaron las condiciones de sequía meteorológica como parte del evento que se había iniciado en mayo del 2014. A partir de la última decena de abril estas se incrementaron en el territorio situación desfavorable para

aquellos campos de frijol sembrados tardíamente y que en este período ya se encontraban en la etapa reproductiva.



**Figura 7.** Comportamiento decenal de la lluvia y la humedad relativa con respecto a sus valores históricos en Aguada de Pasajeros desde septiembre 2015 hasta mayo 2016.

### 3.2.1.2 Caracterización del desarrollo fenológico del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros.

En esta campaña fueron analizados 2 campos de frijol. El **Campo 1** correspondiente al productor Daniel Bosa fue sembrado en la etapa tardía (17 de enero de 2016) y la variedad utilizada fue “Velazco largo”.

**Tabla 8.** Comportamiento de las variables meteorológicas en las distintas fases del cultivo del campo 1.

Campo 1 (Daniel Bosa)		Fecha cambio de fase	Duración de la Fase (días)	Temp. Med. (°C)	Hr med. (%)	Lluvia (mm)
Etapa Vegetativa	Siembra	17-ene	3	19,5	80	1,1
	Fase 1 (Brote)	20-ene	9	20,5	80	33,7
	Fase 2 (3ª hoja)	29-ene	31	20,8	77	0,9
Etapa Reproductiva	Fase 5 (Inflorescencia)	29-feb	12	23,1	76	3,2
	Fase 6 (Floración)	12-mar	36	25	74	17,6
	Fase 8 (Maduración de vainas)	17-abr	10	24,7	73	26,8
	Cosecha	27-abr				
	<b>Promedio Total</b>			<b>101</b>	<b>22,3</b>	<b>74</b>

Antes de la siembra se realizaron varios trabajos para la preparación del suelo entre ellos la roturación, gradeo, fertilización y riego. La realización del riego pre-siembra es muy importante ya que de este dependerá la germinación, emergencia y primeras etapas de desarrollo de la planta. En el cultivo del frijol es necesario que no falte humedad en el suelo al iniciar la floración, la formación de las primeras legumbres y cuando se empiece a llenar el grano, ya que en estas etapas las plantas son más susceptibles a la falta de humedad. En estas etapas, la falta de humedad causa la caída de flores y legumbres.

El cultivo pasó por todas las fases de su desarrollo como se evidencia en la (Tabla 8). Al analizar el comportamiento de las variables meteorológicas en el ciclo vegetativo se observó que las temperaturas se comportaron entre los 20-25°C, las cuales son favorables para su desarrollo óptimo, (Ustimenko, 1982). A pesar de ello vale destacar que las temperaturas máximas durante todo el mes de marzo y abril predominaron por encima de los 30°C llegando hasta los 34°C en varias ocasiones (Boletines Agrometeorológicos Decenales, 2016), lo cual es totalmente desfavorable para la maduración del grano que comenzó a mediados de abril. Cuando el frijol atraviesa por un periodo de temperaturas muy altas durante el desarrollo y maduración de las semillas, se acelera dicho proceso y se producen semillas pequeñas. Para obtener semillas de óptima calidad es esencial que éstas se desarrollen y maduren a temperaturas frescas en un ambiente seco (Siddeque y Goodwin, 1980; citado por Quintero, 1996).

La humedad relativa se mantuvo con valores superiores al 80% durante las primeras fases del desarrollo (Tabla 8), aspecto desfavorable para un óptimo desarrollo vegetativo ya que como plantea Quintero (1996) valores entre 80-85% durante varios días consecutivos crea el medio adecuado para la proliferación de enfermedades fungosas o bacterianas capaces de destruir la cosecha, o al menos, disminuir los rendimientos. A partir del mes de marzo cuando el cultivo se encontraba en la fase de floración la humedad disminuyó notablemente asociado a la disminución de las precipitaciones en el territorio, no obstante, se mantuvo con valores medios por encima del 70% que es la óptima para el desarrollo vegetativo de este cultivo.

El **Campo 2** también fue sembrado tardíamente el 29 de enero de 2016, después de varios meses en reposo (barbecho). En este caso el productor Lázaro Durán escogió la variedad “CUL-156”.

**Tabla 9.** Comportamiento de las variables meteorológicas en las distintas fases del cultivo del campo 2.

<b>Campo 2 (Lázaro Durán)</b>		<b>Fecha cambio de fase</b>	<b>Duración de la Fase (días)</b>	<b>Temp. Med. (°C)</b>	<b>Hr med. (%)</b>	<b>Lluvia (mm)</b>
Etapa Vegetativa	Siembra	29-ene	9	22,8	80	0,4
	Fase 1 (Brote)	07-feb	10	19	75	0,5
	Fase 2 (3ª hoja)	17-feb	41	23	71	4,1
Etapa Reproductiva	Fase 5 (Inflorescencia)	29-mar	7	26	76	12,7
	Fase 6 (Floración)	05-abr	22	24,8	66	30,8
	Fase 8 (Maduración de vainas)	27-abr	12	25,6	66	76,5
	Cosecha	09-may				
<b>Promedio Total</b>			<b>101</b>	<b>23,5</b>	<b>73</b>	<b>125</b>

Como en el otro campo se realizaron varios trabajos para la preparación del suelo entre ellos la roturación, gradeo, fertilización y siembra el día 29 de enero. También se le realizaron 5 riegos en todo el período vegetativo.

Las condiciones climáticas que caracterizaron el desarrollo vegetativo del frijol en este campo estuvieron condicionadas por la siembra más tardía con respecto al analizado anteriormente. Esto hizo que las condiciones de humedad por encima del 80% solo estuvieran en la primera fase del desarrollo (brote) con una disminución en el resto del ciclo vegetativo. Por otro lugar la siembra más tardía hizo que la mayor parte del tiempo las temperaturas fueran más agresivas presentándose valores medios por encima de los 23°C desde la fase de inflorescencia y temperaturas máximas por encima de 30°C desde la fase de 3ra hoja. Las temperaturas superiores a este valor, producen el cese del crecimiento de la planta, lo que se reduce en pérdidas en el cultivo. Esta situación pudo haber incidido en que este presentara un bajo rendimiento (0,48 t/ha).

### 3.2.1.3 Comportamiento de plagas y enfermedades fungosas en el cultivo.

Esta temporada en el municipio estuvo caracterizada por la afectación de varias plagas que atentaron contra el buen desarrollo y los rendimientos del frijol. En el Campo 1 en la 2da decena de marzo se reportó la presencia de hongos como el *Fusarium solani* f. *sp phaseoli* y *Rhizoctonia Solani* con una intensidad mediana que llegó a tener afectaciones de hasta un 50% del campo. Las afectaciones visibles en el área de cultivo se evidenciaron por el amarillamiento de las hojas y la pudrición de las raíces (Figura 8). Se tomaron muestras y luego de un análisis en la Estación de Protección de Plantas (EPP) de Yaguaramas se comprobó que eran estos hongos.



**Figura 8.** Campo de Frijol de la CCS Patricio Lumumba antes (izq) y después (der) de estar presente el *Fusarium*.

La aparición de estas enfermedades fungosas estuvo muy relacionada con el aumento notable de la temperatura a partir de la primera decena de marzo, como se puede apreciar en la (Figura 7). En este período se presentaron anomalías de temperatura que llegaron a sobrepasar 1,5°C. El valor medio decenal de esta variable sobrepasó los 24°C en la 2da decena de marzo y se mantuvo próximo a los 25°C en el resto del ciclo vegetativo del cultivo. La temperatura máxima también tuvo un comportamiento muy por encima de sus valores históricos y fue superior a los 32°C a partir de la segunda decena de marzo cuando el cultivo se encontraba en la fase de floración (Tabla 8). Esta situación contribuyó al bajo rendimiento de este campo (0,72 t/ha) y la obtención de semillas pequeñas, tal y como se comprobó por la observadora agrometeorológica de la estación del territorio (Figura 9). Este comportamiento también creó el medio adecuado para el desarrollo de estos dos hongos ya que la *Rhizotocnia Solani* crece y se desarrolla mejor en temperaturas de 20-25°C y el *Fusarium* entre 20-28°C (IICA, 2008).

En el caso de la humedad relativa se presentaron niveles por debajo de los rangos permisibles para el desarrollo de estos hongos, fundamentalmente después de la 3ra decena de febrero. Se plantea que la *Rhizotocnia Solani* se estimula con valores de humedad relativa mayor al 75% y en suelos muy húmedos y mal drenados hay mayor incidencia del hongo (IICA, 2008). Esta situación fue debida en gran medida, como ya se explicó en el epígrafe anterior, a que las precipitaciones fueron escasas en este período (Tabla 8 y Figura 7), lo que provocó que el productor realizara riegos en las distintas fases del cultivo. Dos de los riegos realizados fueron aplicados en la primera y segunda decenas de marzo. La aplicación del riego aumentó la humedad del suelo que en combinación con los altos valores de temperatura registrados en esos días propiciaron el medio adecuado para el surgimiento de estos hongos.



**Figura 9.** Afectación de los hongos del suelo en la formación del grano en la CCS Patricio Lumumba.

A partir de la 1ra decena de abril se observó una recuperación visible en los campos debido a la aplicación de fungicidas como: TASPÁ (0,5 L/ha), SIVACURT COMBE (0,5 L/ha), AMISTAR EXTRA (0,5 L/ha); fitoenergéticos como: Baifolam (1,8 L/ha), FITOMAS (0,8 L/ha); y hormonas estimulantes (BIOGRAS 0,2 L/ha) que logró disminuir la afectación a menos del 10%.

En esta campaña también fue importante la afectación de plagas debido a la presencia de agentes insectiles como el Salta Hojas y los Crisomélidos. El campo 1 comenzó a reportar invasión de Salta Hojas (*Empoasca fabae*) y Crisomélidos (*Diabrotica balteata*) entre la 3ra decena de febrero y la 1ra de marzo con una intensidad débil que deterioró hasta un 10% de las plantas. Esta afectación se mantuvo durante todo el período vegetativo del cultivo a pesar de habersele aplicado insecticida (TECIS (8,5 g/ha),

ENGEO (0,3 L/ha), VIMIDA (0,3 L/ha)). Las condiciones para la presencia de estos agentes invasores fueron óptimas para su hospedaje durante todo el ciclo vegetativo gracias a que hubo altas temperaturas y escasa precipitaciones (Figura 6 y 7). Hay que destacar que el Salta Hojas es endémico del lugar, por lo que su aparición puede estar relacionada con su presencia permanente en la zona.

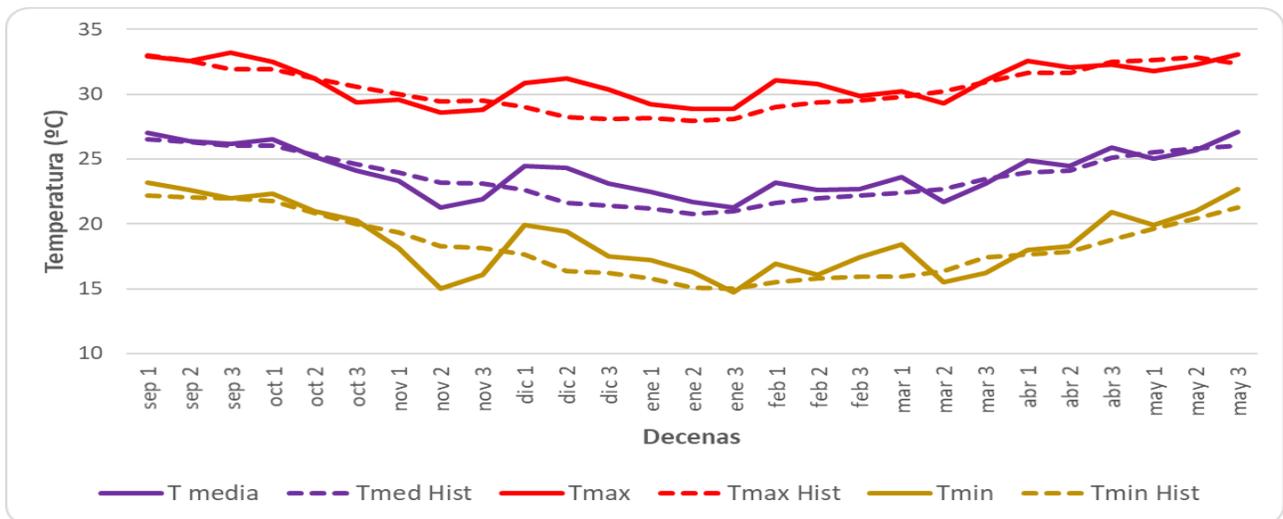
El campo 2 ubicado en áreas aledañas a la estación agrometeorológica también fue afectado por estos insectos que también estuvieron presente durante todas las fases del cultivo. La máxima afectación se reportó en la segunda decena de marzo llegando a ser *Fuerte* (más del 50%). En este período las temperaturas aumentaron notablemente con respecto a decenas anteriores y con respecto a los valores históricos (Figura 6). Esta situación unida al déficit de precipitaciones que afectó a la provincia durante todo el mes de febrero y comienzos de marzo (Figura 7) hizo que aumentara la afectación. El daño de *Empoasca* es más severo durante temporadas calientes y secas, las lluvias pueden destruir mecánicamente muchas ninfas y adultos (Hallman y García, 1985).

### 3.2.2 Campaña 2016-2017.

#### *3.2.2.1 Caracterización del comportamiento de las principales variables meteorológicas que inciden en el frijol en Aguada de Pasajeros.*

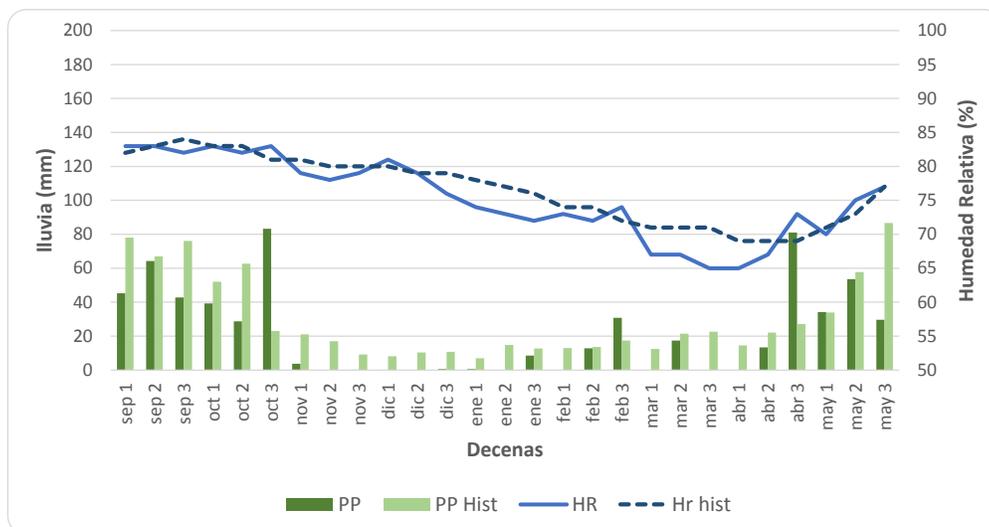
En esta campaña las temperaturas medias decenales se ajustaron más a los requerimientos térmicos del frijol, por debajo de los 25°C a partir de mediados de octubre y permaneció así en la mayor parte de la misma (Figura 10). Solo en el mes de septiembre y principio de octubre superaron este valor. No obstante, en el trimestre diciembre, enero, febrero predominaron las anomalías positivas de esta variable, las cuales fueron más significativas en el mes de diciembre de 2016.

Las temperaturas extremas mantuvieron un comportamiento similar con las mayores anomalías positivas en los meses de diciembre y febrero (Figura 10). En el caso de las máximas estas presentaron valores medios por encima de los 30°C en diciembre y febrero algo que no es normal en estos meses creando así condiciones desfavorables para aquellos campos, sembrados en septiembre, octubre y noviembre, que se encontraban en las fases de fructificación y maduración.



**Figura 10.** Comportamiento decenal de la temperatura media, mínima y máxima en Aguada de Pasajeros desde septiembre 2016-mayo 2017.

Durante esta campaña el comportamiento de la lluvia y la humedad relativa en Aguada de Pasajeros estuvo muy influenciado por el evento de sequía meteorológica que afectó a la provincia desde el 2014. Como se puede observar en el semestre noviembre/2016-abril/2017 los acumulados de lluvia fueron muy poco significativos y durante varias decenas estos predominaron por debajo de los acumulados históricos. En correspondencia con este comportamiento la humedad relativa también presentó valores muy inferiores a los normales para este período del año (Figura 11).



**Figura 11.** Comportamiento decenal de la lluvia y la humedad relativa en Aguada de Pasajeros desde septiembre 2016 hasta mayo 2017.

### 3.2.2.2 Caracterización del desarrollo fenológico del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros.

En la temporada 2016-2017 también fueron estudiados 2 campos de frijol. El **campo 3** del productor José Sosa fue sembrado el 6 de diciembre de 2016 con la variedad “Cul-156”.

**Tabla 10.** Comportamiento de las variables meteorológicas en las distintas fases del cultivo del campo 3.

Campo 3 (José Sosa)		Fecha cambio de fase	Duración de la Fase (días)	Temp. Med. (°C)	Hr med. (%)	Lluvia (mm)
Etapa Vegetativa	Siembra	6-dic	5	23,9	80	0
	Fase 1 (Brote)	11-dic	10	24,3	79	0
	Fase 2 (3ª hoja)	21-dic	21	22,8	75	1,2
Etapa Reproductiva	Fase 5 (Inflorescencia)	11-ene	10	21,7	72	0
	Fase 6 (Floración)	21-ene	13	21,5	72	8,6
	Fase 8 (Maduración de vainas)	3-feb	15	22,7	72	12,8
	Cosecha	18-feb				
<b>Promedio Total</b>			<b>74</b>	<b>22,8</b>	<b>75</b>	<b>22,6</b>

Al igual que en el resto de los campos estudiados se realizaron varios trabajos para la preparación del suelo entre ellos la roturación, gradeo, fertilización y riego para la siembra. El primer riego se realizó un día antes del sembrado para brindarle la humedad necesaria para la germinación.

Las temperaturas durante todo el ciclo se comportaron favorables para el óptimo desarrollo del cultivo, aunque como ya se dijo, estas fueron más altas en el mes de diciembre y que corresponden a las primeras fases del desarrollo (Tabla 10). En la fase reproductiva que coincidió en su mayor parte con los meses de enero y febrero las temperaturas medias disminuyeron, no obstante, las máximas predominaron por encima de los 30°C desde finales de enero y durante febrero (Figura 10), con posibilidad de haber incidido negativamente en la floración y maduración del grano.

La humedad relativa presentó una disminución gradual durante todo el período vegetativo que alcanzó los valores más bajos (inferiores al 75%) en toda la etapa

reproductiva. Es por ello que el productor aplicó dos riegos para contrarrestar los bajos niveles de humedad producto de la intensa sequía meteorológica que estaba afectando el territorio y así mantener al cultivo con los adecuados niveles de humedad que este exige.

El **campo 4** perteneciente al productor Armando García quién sembró frijol de la variedad “Velazco largo” el 17 de enero de 2017.

**Tabla 11.** Comportamiento de las variables meteorológicas en las distintas fases del cultivo del campo 4.

Campo 4 (Armando García)		Fecha cambio de fase	Duración de la Fase (días)	Temp. Med. (°C)	Hr med. (%)	Lluvia (mm)
Etapa Vegetativa	Siembra	17-ene	5	22,3	72	0
	Fase 1 (Brote)	22-ene	12	21,5	71	8,6
	Fase 2 (3ª hoja)	3-feb	21	22,6	73	15
Etapa Reproductiva	Fase 5 (Inflorescencia)	24-feb	9	24,1	71	28,6
	Fase 6 (Floración)	5-mar	23	22,2	65	17,4
	Fase 8 (Maduración de vainas)	28-mar	16	24,5	65	0
	Cosecha	13-abr				
<b>Promedio Total</b>			<b>86</b>	<b>22,9</b>	<b>69,7</b>	<b>69,6</b>

En este campo se realizaron también trabajos para preparar el suelo, con cinco aplicaciones totales de riego, que comenzó el primero un día antes de la siembra.

El comportamiento de las variables climáticas de interés para este cultivo fue acorde a la siembra tardía de este campo. Es por ello que los mayores valores de temperatura, se presentaron en la segunda etapa de desarrollo (reproductiva) con valores medios entre 22-24,5°C (Tabla 11). Las temperaturas máximas a partir de la última decena de marzo experimentó un aumento significativo por encima de los 32°C (Figura 10), situación desfavorable para la fase de maduración de las vainas en que se encontraba el cultivo.

En este caso la humedad relativa fue baja durante todo el ciclo pues las condiciones de sequía meteorológica se intensificaron hacia los meses de marzo y abril. Como se puede observar en la (Tabla 11) en las últimas fases la humedad del aire no superó el 65% como promedio. Las lluvias fueron totalmente desfavorables ya que no pudo cubrir

totalmente los requerimientos hídricos por lo que el riego en este caso fue un factor decisivo en la campaña.

### *3.2.2.3 Comportamiento de plagas y enfermedades fungosas en el cultivo.*

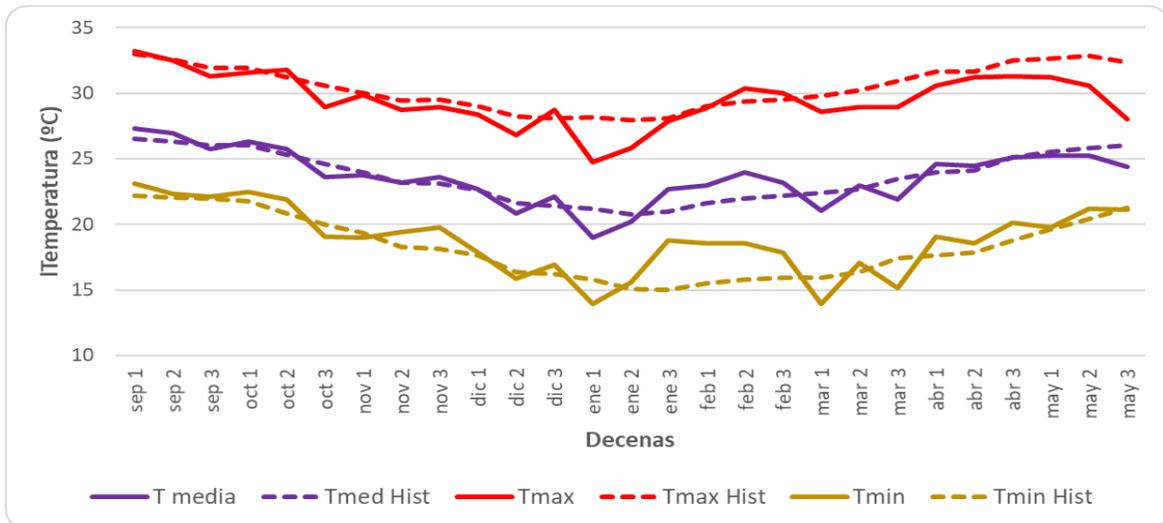
En esta campaña solo se reportó afectaciones por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en uno de los campos seleccionados (Campo 4). Las afectaciones comenzaron en la 3ra decena de febrero cuando el cultivo se encontraba en la fase de inflorescencia y permaneció hasta el final del ciclo del frijol, pero sin sobrepasar el 10% de cobertura.

Con el comienzo del período poco lluvioso en la 1ra decena de noviembre las lluvias disminuyeron notablemente en el área con acumulados decenales inferiores a los valores históricos (Figura 11). Hasta el mes de abril la decena más lluviosa fue coincidentemente la 3ra de febrero, no obstante, la lluvia reportada (30,8mm) no fue suficiente para suplir el déficit acumulado en los 4 meses anteriores. Es por ello que las condiciones de sequía meteorológica y agrícola permanecieron en el municipio hasta finales del mes abril en que comenzó a aumentar la lluvia en el territorio. Estas condiciones en combinación con altos valores de temperatura, como ya se explicó anteriormente, crearon el medio propicio para la aparición de esta plaga. Se conoce que este insecto se reproduce en períodos muy secos acompañados de altas temperaturas (Morales et al. 2003).

### *3.2.3 Campaña 2017-2018.*

#### *3.2.3.1 Caracterización del comportamiento de las principales variables meteorológicas que inciden en el frijol en Aguada de Pasajeros.*

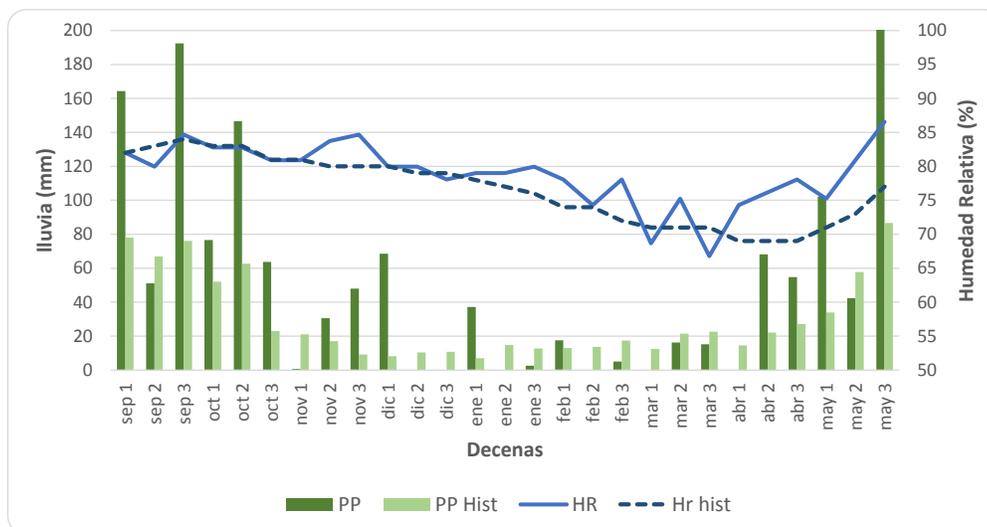
Las temperaturas en esta campaña mantuvieron un comportamiento alrededor de sus valores medios históricos, con las mayores anomalías positivas en los meses de enero y febrero las cuales fueron más significativas en las medias y en las mínimas, (Figura 13). Este comportamiento en el mes de febrero estuvo influenciado por la ausencia de sistemas frontales en este período. Era la primera vez desde 1916 en que esto sucedía. Es por ello que las temperaturas en el segundo mes de año tuvieron un comportamiento muy superior a sus valores normales.



**Figura 12.** Comportamiento decenal de la temperatura media, mínima y máxima en Aguada de Pasajeros desde septiembre 2017-mayo 2018.

Las máximas apenas sobrepasaron los 30°C y solamente sucedió en los meses de septiembre, octubre y abril.

Las precipitaciones en esta temporada estuvieron caracterizadas por la ocurrencia de acumulados superiores a los registros históricos hasta principios del mes de diciembre. A inicios de la campaña las numerosas lluvias registradas en los meses de septiembre y octubre provocaron inundación en varios campos de frijol sembrados en la etapa temprana. En septiembre ocurrieron varios eventos de intensas precipitaciones entre las que se destacan las asociadas al huracán Irma entre los días 8-10 de septiembre y luego en la última decena los días 25 y 26 las relacionadas una hondonada o vaguada que provocó afectación la región occidental y central del país (BCM No. 9, 2017).



**Figura 13.** Comportamiento decenal de la lluvia y la humedad relativa en Aguada de Pasajeros desde septiembre 2017 hasta mayo 2018.

A partir de la segunda decena de diciembre las lluvias experimentaron una disminución acentuada con acumulados inferiores a los históricos, pero a partir de mediados del mes de abril nuevamente comenzaron a predominar acumulados superiores a los normales (Figura 13).

### 3.2.3.2 Caracterización del desarrollo fenológico del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros.

En la campaña 2017-2018 fueron seleccionados para el estudio 2 campos de frijol. El primero de ellos el **campo 5**, se sembró frijol por Lázaro Durán de la variedad “Velazco largo” el 29 de noviembre de 2017.

En este campo se hicieron algunos trabajos de campo como: roturación, gradeo y fertilización para la siembra. No se efectuó riego pre-siembra. Estos se aplicaron durante la primera quincena de enero y en la primera decena de febrero para un total de cinco. Esta práctica estuvo relacionada con la escasa lluvia caída y la necesidad de suministrarle agua a las plantas (Tabla 12).

**Tabla 12.** Comportamiento de las variables meteorológicas en las distintas fases del cultivo del campo 5.

Campo 5 (Lázaro Durán)		Fecha cambio de fase	Duración de la Fase (días)	Temp. Med. (°C)	Hr med. (%)	Lluvia (mm)
Etapa Vegetativa	Siembra	29-nov	6	23,2	83	0
	Fase 1 (Brote)	5-dic	7	22	84	68,5
	Fase 2 (3ª hoja)	12-dic	27	20,8	81	0
Etapa Reproductiva	Fase 5 (Inflorescencia)	8-ene	5	22	85	37,2
	Fase 6 (Floración)	13-ene	33	22,3	81	20,2
	Fase 8 (Maduración de vainas)	15-feb	19	22,7	77	5,1
	Cosecha	6-mar				
<b>Promedio Total</b>			<b>97</b>	<b>22,2</b>	<b>82</b>	<b>131</b>

La temperatura se mantuvo fresca desde la siembra hasta la cosecha con oscilaciones entre 20°C y 23°C, óptimas para el buen desarrollo según Barrios y López (2009). Este comportamiento influyó en que el ciclo vegetativo se extendiera más de lo normal, que para esta variedad es de 75 días (Pérez, 2013).

La humedad osciló entre los 81% y 85% en la mayor parte de las fases vegetativas, desfavorables para un óptimo desarrollo ya que como plantea Quintero (1996) estos valores crean el medio adecuado para la proliferación de enfermedades fungosas capaces de destruir la cosecha, o disminuir los rendimientos. Hacia el final del ciclo los valores disminuyeron ligeramente asociado a la disminución de las lluvias en el territorio.

En el **campo 6** se sembraron frijoles de la variedad “Cul-156” el 18 de enero de 2018 por Jesús González.

El cultivo pasó por todas las fases de su desarrollo como se evidencia en la Tabla 13. Al analizar el comportamiento de las variables meteorológicas en el ciclo vegetativo se observó que las temperaturas se comportaron ligeramente superiores al campo analizado anteriormente, índice que permaneció durante más tiempo por encima de los 23°C, lo cual incidió en que la duración del período vegetativo fuera similar a lo que se plantea en los instructivos técnicos del frijol (Pérez, 2013) para esta variedad.

**Tabla 13.** Comportamiento de las variables meteorológicas en las distintas fases del cultivo del campo 6.

<b>Campo 6 (Jesús González)</b>		<b>Fecha cambio de fase</b>	<b>Duración de la Fase (días)</b>	<b>Temp. Med. (°C)</b>	<b>Hr med. (%)</b>	<b>Lluvia (mm)</b>
Etapa Vegetativa	Siembra	18-ene	5	20,3	79	0
	Fase 1 (Brote)	23-ene	9	22,7	83	2,6
	Fase 2 (3ª hoja)	1-feb	17	23,4	79	17,6
Etapa Reproductiva	Fase 5 (Inflorescencia)	18-feb	7	23,7	80	5,1
	Fase 6 (Floración)	25-feb	21	22	75	16,2
	Fase 8 (Maduración de vainas)	18-mar	20	23	73	15,2
	Cosecha	7-abr				
<b>Promedio Total</b>			<b>79</b>	<b>22,5</b>	<b>78</b>	<b>56,7</b>

La temperatura máxima media solo superó los 30°C en la segunda decena de febrero (Boletines Agrometeorológicos Decenales, 2016) pero no presentó peligro alguno ya que fue por apenas 5 días. Esta situación fue muy favorable para la fase reproductiva lo cual se evidenció en los altos rendimientos (1,14 t/ha).

### 3.2.3.3 Comportamiento de plagas y enfermedades fungosas en el cultivo.

Los dos campos estudiados en esta temporada (5 y 6) fueron afectados por Salta Hojas (*Empoasca kraemeri*). En ambos casos la afectación se comenzó a observarse en la fase 2 (3ra hoja) y se mantuvo la afectación con un deterioro del 10% de las plantas.

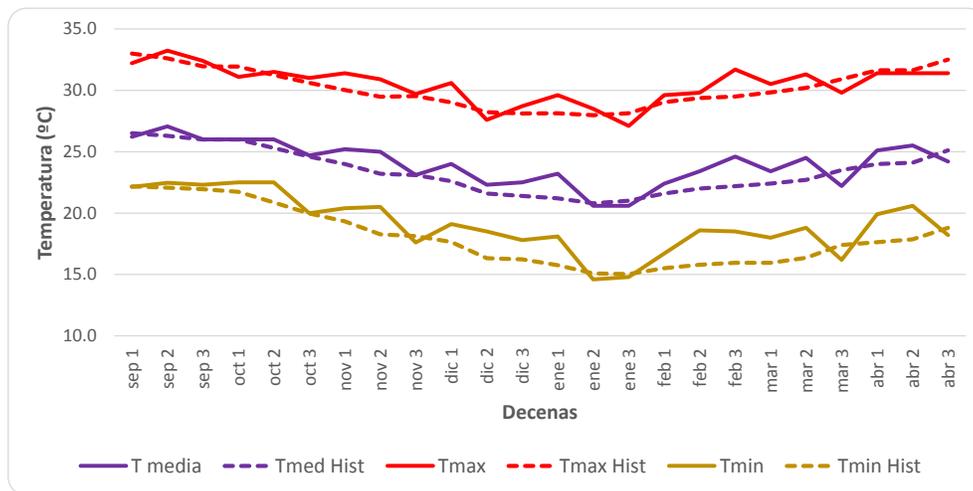
Se debe recordar que este insecto ya es endémico en algunos campos en el territorio y cuando se presentan las condiciones favorables su población aumenta significativamente. Durante el mes de febrero las lluvias disminuyeron notablemente en el territorio lo que unido al registro de temperaturas muy superiores a los valores normales para este período del año crearon condiciones propicias para la aparición de este insecto.

### 3.2.4 Campaña 2018-2019.

#### 3.2.4.1 Caracterización del comportamiento de las principales variables meteorológicas que inciden en el frijol en Aguada de Pasajeros.

Las temperaturas de forma general predominaron cercanas a sus valores históricos hasta el mes de noviembre en que se presentaron anomalías positivas significativas que permanecieron hasta mediados del mes de enero de 2019 en que el paso de varios frentes fríos por el territorio nacional provocó la disminución de las temperaturas. Durante el mes de febrero y marzo nuevamente la temperatura experimentó un aumento notable con anomalías positivas que llegaron a los 1,5°C (Figura 14).

Las temperaturas extremas presentaron este mismo comportamiento presentándose las mayores desviaciones positivas en el caso de las mínimas (Figura 14). Las máximas por encima de los 30°C como promedio estuvieron presentes hasta la primera decena de diciembre con afectación a los campos de frijol sembrados en la etapa temprana fundamentalmente.

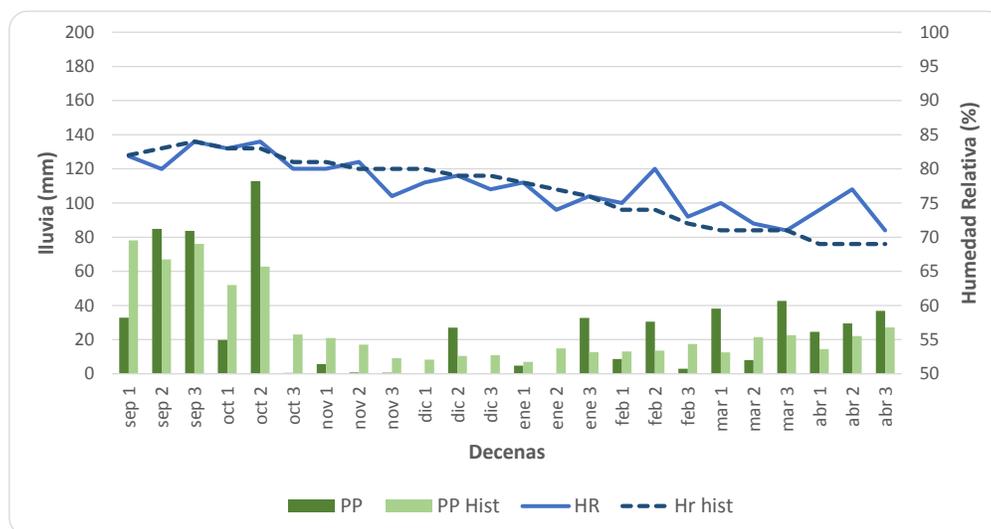


**Figura 14.** Comportamiento decenal de la temperatura media, mínima y máxima en Aguada de Pasajeros desde septiembre 2018-mayo 2019.

La actividad pluvial tuvo un comportamiento por encima de la media histórica en septiembre-octubre (Figura 15), lo cual corresponde con el último bimestre del período lluvioso en Cuba. Desde finales del mes de octubre hasta mediados de enero las precipitaciones se mantuvieron muy escasas, por debajo de los valores históricos.

La humedad relativa mantuvo valores medios decenales que oscilaron alrededor de sus valores normales con las mayores anomalías positivas en los meses de febrero, marzo y abril. Como es común los mayores valores (superiores al 80%) se presentaron en el

bimestre septiembre-octubre con una disminución gradual en el resto del período con prevalencia entre 75-80%.



**Figura 15.** Comportamiento decenal de la lluvia y la humedad relativa en Aguada de Pasajeros desde septiembre 2018 hasta mayo 2019.

### 3.2.4.2 Caracterización del desarrollo fenológico del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros.

El **campo 7** del productor Armando García sembró frijol de la variedad “Delicias 364” el 4 de octubre de 2018.

**Tabla 14.** Comportamiento de las variables meteorológicas en las distintas fases del cultivo del campo 7.

Campo 7 (Armando García)		Fecha cambio de fase	Duración de la Fase (días)	Temp. Med. (°C)	Hr med. (%)	Lluvia (mm)
Etapa Vegetativa	Siembra	4-oct	9	25,8	85	100
	Fase 1 (Brote)	13-oct	8	26	83	33
	Fase 2 (3ª hoja)	21-oct	29	25	80	7
Etapa Reproductiva	Fase 5 (Inflorescencia)	19- nov	8	24,3	79	0
	Fase 6 (Floración)	27- nov	27	22,5	77	27.6
	Fase 8 (Maduración de vainas)	24-dic	10	23,6	78	0,2
	Cosecha	3-ene				
<b>Promedio Total</b>			<b>91</b>	<b>24,5</b>	<b>80</b>	<b>168</b>

La temperatura media durante la primera etapa del ciclo estuvo condicionada por las características meteorológicas del período de siembra temprana, es por ello que los valores medios en cada fase, desde la siembra hasta la formación de la 3ra hoja, superaron los 25°C. No obstante, en la etapa reproductiva, estas disminuyeron en los meses de noviembre y diciembre con valores medios inferiores a los 24,5°C (Tabla 14).

Las temperaturas máximas también disminuyeron en este período como se puede ver en la (Figura 14) con valores medios inferiores a los 30°C a partir de la segunda decena de diciembre cuando el campo se encontraba en las fases de floración y maduración. Esta situación fue muy favorable para el cultivo y pudo haber incidido en los altos rendimientos alcanzados (1,2 t/ha).

La siembra de este campo estuvo precedida por un período lluvioso durante el mes de septiembre (Figura 16), lo que conllevó a que el productor no realizara riegos antes de la siembra. Estos se realizaron a partir de la 2da fase vegetativa (3ra hoja) en la 3ra decena de octubre en que las lluvias y la humedad relativa experimentaron un descenso notable, esta última con valores inferiores al 80%.

El **campo 8** donde labora Lázaro Durán decidió sembrar frijol “Buena-ventura” el 11 de octubre de 2018.

**Tabla 15.** Comportamiento de las variables meteorológicas en las distintas fases del cultivo del campo 8.

Campo 8 (Lázaro Durán)		Fecha cambio de fase	Duración de la Fase (días)	Temp. Med. (°C)	Hr med. (%)	Lluvia (mm)
Etapa Vegetativa	Siembra	11-oct	8	26	85	113
	Fase 1 (Brote)	19-oct	8	25,4	81	1
	Fase 2 (3ª hoja)	27-oct	18	25	80	6
Etapa Reproductiva	Fase 5 (Inflorescencia)	14-nov	8	25	81	1
	Fase 6 (Floración)	22-nov	26	23	77	13
	Fase 8 (Maduración de vainas)	18-dic	10	22	78	15
	Cosecha	28-dic				
<b>Promedio Total</b>			<b>78</b>	<b>24,4</b>	<b>80</b>	<b>150</b>

El comportamiento de este campo fue muy similar al anterior debido a que la siembra se realizó en igual etapa (temprana). El productor realizó varios trabajos de campo como está establecido por los instructivos técnicos para preparar al suelo para la siembra de frijol. La temperatura media se caracterizó por superar los 25°C durante la etapa vegetativa que comenzó a descender a finales de noviembre hasta llegar a los 22°C como promedio en la maduración (Tabla 15).

Al igual que en el caso anterior se registraron niveles muy bajos de precipitaciones durante el desarrollo del frijol a partir de la fase 2, por lo que durante el mes de noviembre se aplicaron tres riegos para cubrir el déficit de lluvia ya que este grano es exigente a la humedad durante todo el ciclo vital (Rodríguez, 2009). La humedad disminuyó hasta la tercera de noviembre, mes que alcanzó su punto más bajo del período analizado. El promedio de esta variable se mantuvo en 80%, valor requerido para esta planta.

De forma general las condiciones climáticas que predominaron favorecieron todas las fases del cultivo contribuyó a los altos rendimientos del mismo, los mayores de todo el período estudiado (1,8 t/ha)

#### *3.2.4.3 Comportamiento de plagas y enfermedades fungosas en el cultivo.*

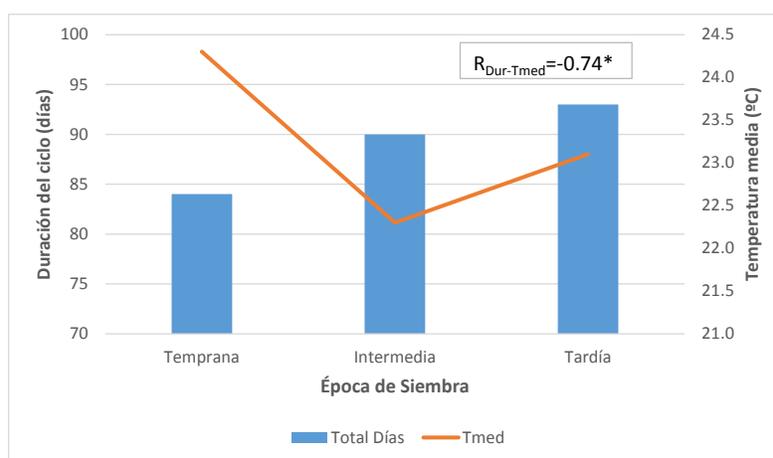
En esta campaña solo hubo ataques de plagas en el campo 7. El agente causal fue el *Empoasca kraemeri*. Este apareció en la segunda decena del mes de diciembre cuando el cultivo de encontraba en la fase de floración y permaneció hasta la maduración de las vainas al coincidir con (Murguido, 1995) con la etapa en que causa sus mayores daños, estos alcanzaron hasta el 50% del total de plantas.

Después del día 15 de octubre la lluvia en el territorio experimentó una disminución acentuada. Vale destacar que desde ese día y durante los 60 días que le continuaron los acumulados no superaron los 12mm. Coincidentemente con la aparición del Salta Hojas en la segunda decena de diciembre se reportaron dos días con precipitaciones pero esas no fueron suficientes para evitar su aparición debido a las secas condiciones que predominaban en el área.

El campo 8 no presentó plaga alguna, lo que pudo estar relacionado con la aplicación de insecticida de manera preventiva el día 8 de noviembre cuando el cultivo se encontraba por la fase 2 (3ra hoja). Se conoce que el área de siembra de este productor había sido afectada en otras campañas por insectos dañinos así que esta práctica fue positiva al evitar la afectación por plagas lo que incidió favorablemente en el desarrollo del cultivo.

### 3.3 Evaluación de la influencia de las condiciones meteorológicas en el comportamiento fenológico y la aparición de plagas en el cultivo del Frijol en el municipio Aguada de Pasajeros

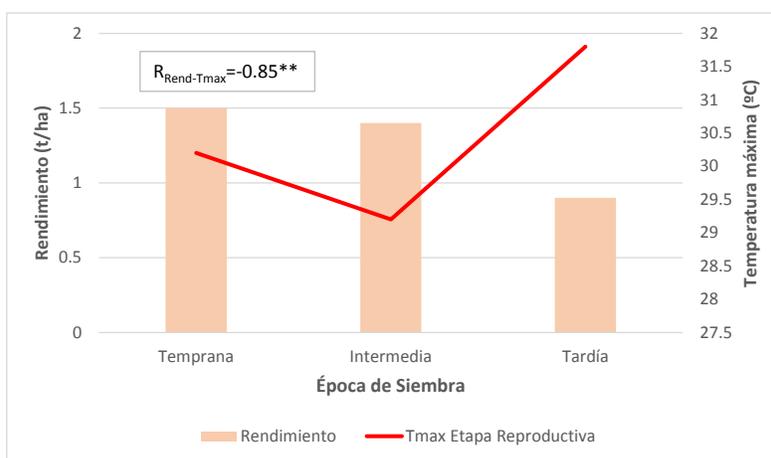
Como se ha visto hasta el momento el comportamiento fenológico del cultivo del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros estuvo muy relacionado con el comportamiento térmico e hídrico del territorio. El análisis realizado por las diferentes etapas de siembra se comprobó que los campos sembrados en el bimestre septiembre-octubre (etapa temprana) estuvieron sometidos a mayores temperaturas en las primeras fases de desarrollo lo cual resultó en un acortamiento del período vegetativo total, al tener como promedio una duración inferior a los 85 días (Figura 16). En las etapas intermedia y tardía la duración del ciclo vegetativo osciló como promedio entre los 90 y 93 días. Como se puede apreciar las temperaturas medias fueron menores por la coincidencia en la mayor parte del ciclo con los meses más frescos del año.



**Figura 16.** Comportamiento de la duración del ciclo y la temperatura media en las diferentes épocas de siembra del frijol en Aguada de Pasajeros. Período 2015-2019.

Los campos sembrados en la época tardía presentaron las mayores temperaturas (medias y máximas) hacia las fases correspondientes con la etapa reproductiva al coincidir con los meses de marzo y abril en los que las temperaturas máximas por encima de los 30°C comienzan a ser más frecuentes en el territorio (Figura 17). Valores máximos superiores a este umbral por mucho tiempo seguido ocasionan abscisión de vainas y deshidratación de polen que causa esterilidad de flores e inhibición de la floración (Monterroso y Wien, 1990). Como se puede observar en las cosechas correspondientes a este período alcanzaron los rendimientos más bajos como promedio (Figura 17).

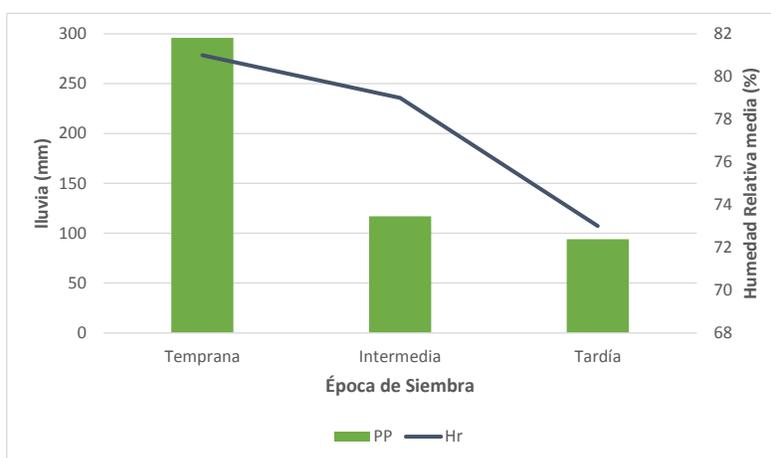
Estos resultados coinciden con los obtenidos por Quintero et al. (2007) y Alemán et al. (2008) quienes obtienen que las siembras de frijol en las etapas intermedia y temprana presentan los mayores rendimientos en comparación con la tardía.



**Figura 17.** Comportamiento de la temperatura máxima en la etapa reproductiva y el rendimiento en las diferentes épocas de siembra del frijol en Aguada de Pasajeros. Período 2015-2019.

Igualmente, las lluvias y la humedad relativa presentaron valores elevados hacia la época temprana (Figura 18). Las siembras en las épocas intermedia y tardía se caracterizaron por presentar menores precipitaciones y valores de humedad relativa lo cual requirió la aplicación de varios riegos. Este resultado resalta lo planteado por Quintero et al. (2007) y Faure et al., (2013) quienes plantean que la siembra intermedia debe ser realizada por aquellos productores que cuenten con sistemas de riego ya que en el territorio este período se caracteriza por presentar escasas lluvias, las que pueden disminuir más bajo eventos de sequía meteorológica.

La siembra temprana es por tanto una buena opción para aquellos productores que no cuenten con sistemas de riego en el municipio. No obstante, deben tener en cuenta para la planificación de la siembra, los pronósticos climáticos estacionales emitidos por el Centro Meteorológico Provincial sobre el comportamiento de las lluvias y la temporada ciclónica en el último bimestre del período lluvioso. El aumento notable de las lluvias en este período puede ser un elemento negativo en los campos de siembra temprana debido al aumento notable de la humedad en el aire y en el suelo lo que en combinación con las altas temperaturas típicas de estos meses crean las condiciones idóneas para el ataque de enfermedades fungosas.



**Figura 18.** Comportamiento de la lluvia y la humedad relativa en las diferentes épocas de siembra del frijol en Aguada de Pasajeros. Período 2015-2019.

En todas las campañas estudiadas se observó la presencia de afectaciones por insectos en varios campos de frijol. Los de mayor frecuencia fueron el Salta Hojas y los Crisomélidos los cuales se consideran endémicos del territorio influenciado fundamentalmente por el monocultivo. En todos los casos analizados se pudo comprobar que su aparición estuvo relacionada con períodos de baja humedad relativa (Tabla 16). El aumento de las temperaturas, sobre todo de las máximas, también favoreció la afectación de estos insectos. Esto confirma lo planteado por Morales et al. (2003) que cuando hay bajos niveles de humedad del aire existe mayor incidencia de la mosca blanca, ya que este insecto se desarrolla en ambientes secos.

**Tabla 16.** Correlación entre el grado de afectación por insectos y las variables meteorológicas.

Campo	Insecto	Tmed	Hr	Lluvia	Tmáx	Tmín	Días con lluvia
<b>Campo 1</b>	Salta Hojas y Crisomélidos	0,72*	-0,83*	-0,54	0,80*	0,48	-0,56
<b>Campo 2</b>	Salta Hojas y Crisomélidos	0,74*	-0,56	-0,20	0,70*	0,63	-0,21
<b>Campo 4</b>	Mosca Blanca	0,26	-0,60*	0,19	0,19	0,23	-0,10
<b>Campo 5</b>	Salta Hojas	-0,51	-0,72*	-0,60	-0,41	-0,58	-0,52
<b>Campo 7</b>	Salta Hojas y Crisomélidos	-,49	-12	,064	0,69*	-,258	-,158

\* Significativa (0.05)

Solo en la primera campaña estudiada hubo reportes de hongos en el frijol. Al analizar la relación entre la variable dependiente (grado de afectación por enfermedades fungosas) con algunas de las variables independientes (variables climáticas) se obtuvieron las mayores relaciones con las variables relacionadas con las temperaturas. El coeficiente de correlación más alto se obtuvo con la temperatura media y la temperatura máxima, ambos significativos (Tabla 17).

No debe malinterpretarse el hecho de que los valores de correlación con la humedad relativa del aire dieron negativos, lo cual pudiera significar que con la disminución de la humedad se propicia un aumento de los hongos como el *Fusarium*, cosa que no es real. Tal y como muestra la bibliografía consultada (Martínez, 2007) el aumento de la humedad junto a otros factores favorece la aparición de los mismos en el suelo y el hecho de que se haya aplicado el riego en el período de mayores temperaturas puede haber contribuido a su desarrollo.

**Tabla 17.** Coeficiente de correlación entre el grado de afectación por *Fusarium* y las variables meteorológicas.

Tmed	Hr	Lluvia	Tmáx	Tmín	Días con lluvia
0,724*	-0,430	-0,173	0,692*	0,573	-0,154

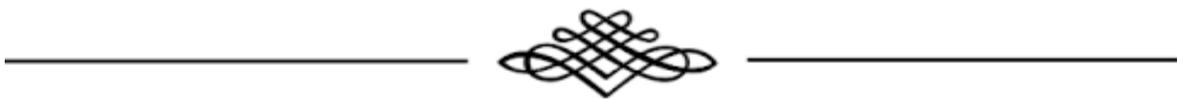
\* Significativa (0.05)

En función de los resultados obtenidos en el municipio Aguada de Pasajeros se recomienda realizar la siembra de frijol en la etapa intermedia preferentemente, cuando las temperaturas son más frescas tanto en las fases vegetativas como reproductivas, siempre y cuando se cuente con sistemas de riego. La siembra temprana puede también ser una buena opción porque aporta buenos rendimientos en aquellos campos sin riego.

El monocultivo es un mal que afecta al territorio por lo que una adecuada rotación de cultivos, así como la aplicación de prácticas agroecológicas y las medidas culturales adecuadas pudieran contribuir a la disminución de afectaciones por plagas y por ende a un desarrollo sostenible. Es una necesidad del territorio fortalecer la seguridad alimentaria mediante la búsqueda de variedades más resistentes a altas temperaturas y a períodos prolongados de sequía y que tengan una duración del ciclo menor que las actuales.

Los resultados de esta investigación aportan un mayor conocimiento sobre la influencia de las condiciones climáticas en el desarrollo y la afectación de plagas en el cultivo del frijol en el municipio Aguada de Pasajeros. Ante un clima que cambia hacia un escenario más cálido, seco y extremo los efectos negativos en la agricultura serán mayores por lo que hay que continuar los estudios para prevenir y adaptar adecuadamente el sector agrícola en función de maximizar la producción de alimentos.

# *Conclusiones*



## Conclusiones

Se corroboró que las variables meteorológicas tienen un comportamiento que se corresponde con los requerimientos climáticos favorables para este cultivo en el período septiembre-febrero en el municipio de Aguada de Pasajeros. No obstante, se alcanzan las condiciones óptimas en noviembre-diciembre cuando se evidencia una disminución acentuada de las temperaturas, la lluvia, la humedad relativa y los fenómenos peligrosos (lluvias intensas, tormentas locales severas).

El desarrollo fenológico estuvo influenciado por las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa y lluvia) que caracterizan las diferentes épocas de siembra. Los campos que sembraron en las etapas intermedia y tardía tuvieron una duración del ciclo vegetativo mayor que la etapa temprana dado por la influencia de menores temperaturas.

En todas las campañas estudiadas hubo afectaciones por plagas, destacándose el Salta Hojas, los Crisomélidos, la mosca blanca, *el Fusarium* y la *Rhizoctonia*.

El análisis de correlación entre las variables meteorológicas y la incidencia de las plagas demostró que la temperatura media y máxima fueron las que mayor influencia tuvieron en la aparición y mayor afectación por enfermedades fungosas.

Se confirmó que la aparición de los insectos estuvo muy relacionada con períodos cálidos y secos, al tener las mayores relaciones estadísticas la temperatura media, máxima y humedad relativa.

# *Recomendaciones*



## **Recomendaciones**

- Extender este estudio a un mayor número de campañas, campos de observación y municipios.
- Incluir los resultados de la investigación en los servicios de vigilancia agrometeorológica que brinda el Centro Meteorológico Provincial (Boletines Agrometeorológicos Decenales, Certificaciones Climáticas).

# *Referencias Bibliográficas*



## Referencias Bibliográficas

- Abawi, G. S., & Pastor–Corrales, M. A. (1990). Root rotsof beans in Latin America: Diagnosis, research, methodologies and management strategies. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia.
- Acosta, M. A. (1989). Manejo integrado de la mustia hilachosa causada por *Thanatephorus cucumeris* de Frank Donk en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). En Ciencias Agropecuaria. Panamá.
- Alemán, P.R., Gil, D.V., & Saucedo, C. O. (2008). Producción de granos en condiciones de sostenibilidad. Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Universidad Central de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Alfonso, A. P. (1994). Descripción preliminar de las condiciones meteorológicas Cuba. Informe Científico Técnico, No. 134, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.
- Andreu, C. M., & Gómez J. R. (2007). La Sanidad Vegetal en la Agricultura Sostenible. Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas”. Santa Clara, Cuba.
- Anónimo. (2004). Roya, chahuixtle o herrumbre. Recuperado de : <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/frejol/roya.html>.
- Araya, C. M. (2008). Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central. Recuperado de <http://book.google.com.cu>.
- Barcia, S., Fontes, M., y Viera, E. Y. (2019). Comportamiento temporal de los focos de calor detectados por satélites en la provincia de Cienfuegos. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(3), 324-334.
- Barcia, S., Orbe, G., Regueira, V., Rodríguez, C., y Millán, J. (2012). *Nueva Guía Climática de la provincia Cienfuegos*. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cuba.
- Barcia, S., y Angulo, R. (2011). Principales manifestaciones de la sequía meteorológica en la provincia Cienfuegos. Centro Meteorológico Provincial. Cienfuegos, Cuba.
- Barrios-Gómez, E. J., López-Castañeda, C., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Miranda-Colín, S., y Mayek-Pérez, N. (2011). Avances en el mejoramiento genético

- del frijol en México por tolerancia a temperatura alta y a sequía. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(4), 5-7.
- Barrios-Gómez, E.J. y López-Castañeda, C. (2009). Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia*, 43(1), 29-35.
- Beebe, R., Blair, M. I. & Acosta, A. J. (2013). Phenotyping common beans for Adaptation to drought. *Africa Crop Science*, 4(35), 1-20.
- Beebe, S., Ramirez-Villegas, J., Alvarez, P., Ricaurte, J., Mora, A., Guerrero, A. F., Rosas, J. C., Rodríguez, J.M., y Van den Berg, M. (2017). Modelación del frijol en Latinoamérica: Estado del arte y base de datos para parametrización, EUR 29028 ES, Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi: 10-2760/325955.
- Beebe, S.E. (2012). Common bean breeding in the tropics. *Plant Breeding Reviews*, 36, 357–426.
- Bernal, N. (1997). Variedades de Caña de Azúcar. Uso y manejo. La Habana, Cuba.
- Blair, M. W., Díaz, J. M., H. R., & Díaz, L. M. (2007). Microsatellite characterization of Andean races of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *TheorApplGenet*. Ottawa, Canada.
- Boletín Agrometeorológico Decenal de Cienfuegos. (2016). En Caracterización climática del municipio de Aguada de Pasajeros, 5(10).
- Boletín Climático Mensual. (2017). En Variables meteorológicas y desarrollo fenológico del frijol en Aguada de Pasajeros, 7(12).
- Broughton, W.J., Hernández, G., Blair, M.W., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003) Beans (*Phaseolus* spp.) model food legumes. *Plant and soil*, 252, 55-128.
- Bubenzer, G. D., Weis, G. G. (1974). Effect of wind erosion on production of snap beans and peats. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 99, 527-529
- Burin, M. E. et al. (1991). Floración y patrón de floración en dos cultivares de frijol en relación con la temperatura y la precipitación. *Agronomía Sulriograndense*, 24(2), 165-182.
- Cardona, C. (2005). Biología y Manejo de la Mosca Blanca *Bemisia tabaci* en Habichuela y Frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Publicación CIAT, 345. Cali, Colombia.

- Castiñeira, L. (1992). Origen, diversidad y utilización del germoplasma cubano de frijol. En: CIAT. Resúmenes sobre frijol. Cali, Colombia, 15(2).
- Castiñeira, L. (2001). Manejo y conservación in situ de recursos genético de plantas cultivadas en huertos caseros de Cuba. *Agricultura Orgánica*.
- Castiñeiras, L. (2001). *Germoplasma de Phaseolus vulgaris L. en Cuba: Colecta, Caracterización y Evaluación* (tesis de grado). Universidad de la Habana, La Habana, Cuba.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1979). Vivero internacional de roya del frijol. Cali, Colombia.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (2001). Soluciones que cruzan fronteras Frijol mejorado para África y América Latina. Recuperado de <http://www.ciat.cgiar>.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1980). La roya del frijol y su control. Cali, Colombia.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2014). Evolución del sector agropecuario en Centroamérica y la República Dominicana, Mexico:Editorial CL/MEX/L.
- Corzo, B., J., García, P., L., Silva, T., J., & Pérez, T. E. (2004). Zootecnia General. Un enfoque ecológico. Ciudad de La Habana, Cuba: Félix Varela.
- Cuéllar, M. E., y Morales, F. J. (2006). La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris*L.). *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 1-9
- Cuñarro, C. R., Hernández, E., I., y Urra, Z. (2018). El cultivo de algunas legumbres para la producción local de alimentos y la mitigación del cambio climático. PARTE I. El cultivo del frijol carita o caupí (*Vigna unguiculata* Lin). *Ciencia Universitaria*, 16(1).
- Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAOSTAT). 2018. Recuperado de <http://www.fao.stat.org>
- Estupiñán, L. (2015). Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos por sequía. Provincia Cienfuegos. Delegación Provincial del CITMA, Cienfuegos, Cuba.

- Faure, Á.B., Benítez, R., León, N., Chaveco, O., Rodríguez, O. (2013). Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales.
- Fernández, F., P. Gepts, y López, M. (1985). Etapas de desarrollo de la planta de frijol común, 6-7.
- Galindo, J.J., & Thurston, H.D. (1982). Web blight of beans on small farms in Central America. *New York's Food and Life Sciences Quarterly*, 14, 21-25.
- Gálvez, E. G. (1994). Incidencia de la mustia hilachosa en el sistema de "frijol tapado" en Costa Rica. Los sistemas de siembra con cobertura. Costa Rica: Turrialba.
- García, J. M. (1992). Análisis exploratorio de algunos parámetros bioquímicos y físicos de granos de 26 líneas de frijol en siembras fuera de época. *Centro Agrícola*, 19(2), 66-77.
- García, L. (2012). Caracterización de condiciones meteorológicas en el Salvador. San Salvador: Centro Meteorológico.
- Gastelúa, B. J. (2016). *Evaluación del comportamiento morfoagronómico de dos variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) bajo las condiciones de suelo y clima de la UEB # 2* (tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba. Recuperado de [http://intranet.ucf.edu.cu/biblioteca\\_virtual/tesis](http://intranet.ucf.edu.cu/biblioteca_virtual/tesis).
- Gepts, P. (1991). Información bioquímica acerca de la domesticación de los frijoles *Phaseolus*. En: CIAT. Resúmenes sobre frijol, 16(1), 1.
- Gepts, P. (1993). The Use of Molecular and Biochemical Markers in Crop Evolution Studies. In: Evolutionary Biology. *Ciencia Agropecuaria*, (6), 141-159. doi:10-1007/978-1-4615.
- Gepts, P., & Rashka, K. (1986). Phaseolin-Protein variability on wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L), 4.
- Gómez, S. J., Rojas, J., y Quintero, E. (1996). *Complejo de plagas del frijol según época de siembra y variedades* (tesis de pregrado). Universidad de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

- González, Á. M. (1976). Investigaciones sobre el comportamiento de variedades de frijol frente al patógeno causante de la roya (*Uromycesphaseolivar. Typica*Arth). Academia de ciencias de Cuba, 26-32.
- Guía del cultivo del frijol para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores (2004). Recuperado de: [http://www.sag.gob.hn/dicta/Paginas/guia\\_frijol.html](http://www.sag.gob.hn/dicta/Paginas/guia_frijol.html).
- Hallman, P., y García, J. (1985). Manejo integrado del *Empoasca* en frijol común.
- Hassan, A.A., Sayed, S.F. (1999). Chlorotic pod: a new physiological disorder of greenpodded snap bean, *Phaseolus vulgaris* L. associated with silverleaf whitefly infestation. *Egyptian Journal of Horticulture*, 26(2), 213-228.
- Henríquez, G., R., E. Prophete, Orellana, C. (1995). Manejo agronómico del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, 98.
- Hernández, V. M., Vargas, M. L., Muruaga, J. S., y Hernández, S. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común. *Avances y perspectiva*, 36(2), 95-104.
- Instituto de Investigaciones de Granos. (2013). Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolusvulgaris*, L.). La Habana, Cuba: Agroecológica.
- Instituto de Meteorología. (2017a). *Manual de Procedimientos Operacionales Para los Fenómenos Meteorológicos Peligrosos*, 30.
- Instituto de Meteorología. (2017b). *Manual de Instrucciones para realizar observaciones agrometeorológicas en estaciones y puestos*. Casablanca, La Habana, 509.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2008). Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central. Proyecto Red SICTA. COSUDE. Managua, Nicaragua.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2013). Catálogo de hongos en semillas de frijol (*Phaseolusvulgaris*L.). Managua, Nicaragua.
- Jones, D. (2003). Plant viruses transmitted bywhiteflies. *European Journal of PlantPathology*, (109), 197-221.

- Lara, B. L. (2015). *Efecto de la temperatura sobre la fenología y productividad de variedades de frijol común, factor esencial del cambio climático*. (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Lecha, L. B., Paz, L. R. y Lapinel, B. (1994). *El Clima de Cuba*. La Habana, Cuba: Academia, 186.
- Li, P.H. (1992). Uso del potencial de adaptación del frijol a la temperatura como criterio de selección en ambientes cálidos. En: CIAT. Resúmenes sobre frijol, 17(1).
- Maggio, M. E. (2015). Monitoreo de enfermedades de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en el NOA. 1er Congreso Argentino de Fitopatología, 111.
- Martínez, E., Barrios, G., Rovesti, L., & Santos, R. (2007). *Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico*. GrupoBou. España.
- Meier, U., Bleiholder, L. B., Feller, H., Meier, P. D. (2009). The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants, history and publications. *Für Kulturpflanzen*, 61(2), 41-52.
- Mejias D., C., Ferrera, R. C., y Kohaschi, S. (1987). Inoculación con *Rhizobium* y su efecto en los componentes del rendimiento en cuatro especies de *Phaseolus*. *Chapingo*, 12 (54-55), 37-42.
- Ministerio de Agricultura. (1983). Instructivo técnico para el cultivo del frijol. Dirección Nacional de Cultivos varios, 35
- Monterroso V. A. & Wien, H. C. (1990). Flower and Pod Abscission due to heat stress in beans. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 115(4), 631-634.
- Mora, B. (1985). *Evaluación del ataque de telaraña (Thanatephorus cucumeris) (Frank) Donk & Rhizoctoniasolani Kuhn en cultivares de frijol en asociación de relevo con maíz* (tesis de grado). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
- Morales, F. J. (2000). El mosaico dorado y otras enfermedades del frijol común causadas por geminivirus transmitidos por mosca blanca en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Colombia.
- Morales, F. J., Martínez, A. K. & Velasco, A. C. (2003). Nuevos brotes de begomovirus en Colombia. *Fitopatología Colombiana*, 26(1), 75-79.

- Murguido, C. (1995). *Biología, Ecología y Lucha contra el salta hojas del frijol *Empoascakraemeri* Ross y Moore (Homóptera: Cicadellidae) en frijol (*Phaseolus vulgaris*)* (tesis doctoral). Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba.
- Murguido, C. (2002). Caracterización agro-ecológica de los lugares Manejo Integrado de Plagas en el frijol. Centro de Información y Documentación de Sanidad Vegetal.
- National Academy of Sciences. (1968). Plant-Disease Development and Control, Principles of Plant and Animal Pest Control. Subcommittee on Plant Pathogens. Washington. D.C, I, 31-43.
- Natti, J. J. & F. D. Judge. (1971). Defoliation of bean seedlings by injury from rain. *PlantDis. Repr*, 55, 457-459.
- Núñez, E., Cubas, D. y Moya, A. (2002). Sistema automatizado de Revisión de las Observaciones Meteorológicas. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, 10.
- Omae, H., Kumar, A., & Shono, M. (2012). Adaptation to High Temperature and Water Deficit in the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) during the Reproductive Period. *Journal of Botany*, 1-6. doi:10-1155/2012/80341
- Oficina Nacional de Estadística e Información. (2017). Anuario estadístico 2016 Cienfuegos. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Rendimiento agrícola por cultivos seleccionados de la agricultura no cañera. Sector no estatal y estatal. Recuperado de [http://www.one.cu/aec2011/esp/09\\_tabla\\_cuadro.htm](http://www.one.cu/aec2011/esp/09_tabla_cuadro.htm)>.
- Orbe, G., Barcia, S., Rodríguez, C., y Hernández, A. L. (2009). Climatología y cronología de las Tormentas Locales Severas en la provincia Cienfuegos. En: V Congreso Cubano de Meteorología, La Habana, Cuba.
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO). (2005). Recuperado de <http://www.fao.stat.org>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). FAOSTAT Statistics Division. Recuperado de <http://www.fao.stat.org>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). Producción mundial de frijol 2017. FAOSTAT. Recuperado de <http://www.fao.stat.org>

- Organización Meteorológica Mundial. (2017). Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas, (1203), 21.
- Pacheco M., Hernández A., Alonso M., Puldón V., García A. y Arap, R. (2016). Aspectos generales sobre el frijol común y su importancia. La cadena de valor del frijol común en Cuba, Perico, Cuba: Unión Europea, 17-20.
- Padilla Chávez, F. (2013). Evaluación del comportamiento agroproductivo de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en las condiciones de clima y suelo de la UBPC Victoria Girón. (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba. Recuperado de [http://intranet.ucf.edu.cu/biblioteca\\_virtual/tesis](http://intranet.ucf.edu.cu/biblioteca_virtual/tesis).
- Pedroza, S., Trejo, C., Chávez, R., Samaniego, G. (2013). Tolerancia al Estrés Hídrico y Fitosanitario Mediante Indicadores Agronómicos y Fisiológicos en Diferentes Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31(2), 91-10
- Pereira, P. A. (1990). Evidencia de domesticación y diseminación del frijol.
- Pérez, M. M. (2013). *El cultivo del frijol en Cuba, la agrotecnia y el manejo de plagas*. Cienfuegos, 16-19.
- Pérez, S. R. (2012). Variaciones y Cambios en el Clima INSMET. Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Cienfuegos: Instituto de Meteorología.
- Planos, E., Rivero, R., y Guevara, V. (2013). Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología, *Revista Cubana de Meteorología*, 25, 430
- Planos, G. E. (2012). Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. La Habana.
- Polania, J., Rao I.M., Cajiao, C., Rivera, M., Raatz, B., & Beebe, S. (2016). Physiological traits associated with drought resistance in Andean and Mesoamerican genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Euphytica*, 210(1), 17–29.
- Quintero, F. E. (1996). *Manejo de algunos factores fitotécnicos en frijol común en condiciones de una agricultura sostenible* (tesis de Maestría). Universidad de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

- Quintero, F.E., Gil, D.V., Ríos, L.H., Martínez, C.M. y Díaz, C.M. (2007). Mecanismos participativos de investigación y extensión y su contribución a la biodiversidad agrícola. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Ríos, H. (2003). Farmer participation and access to agricultural biodiversity. Responses to plant breeding limitation in Cuba. En: CIP-UPWARD. *Conservation and sustainable use of agricultural biodiversity: A source book*. International Potato Center-Users' perspectives with agricultural research and development. Los Baños. Laguna. Filipinas, 382-387.
- Ríos, M. J. y Quirós D. J. (2002). El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo, beneficio y variedades. *Boletín Técnico*, 193. Bogotá.
- Rivera, R. P. (1982). *Distribución espacial y densidad de población en frijol, var. CC-25-9* (tesis de pregrado). Universidad de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Rodrigo, H. (2004). Agrotécnica del frijol en IV Curso Intensivo de Posgrado del frijol. La Habana.
- Rodrigo, M.A., Oboh, E. (2000). Caracterización morfoagronómica y bioquímica de germoplasma de judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) de España. In: *Biología*. Universidad Santiago de Compostela, Pontevedra.
- Rodríguez, I., Morales, H., Bueno, J.M., Cardona, C. (2005). El biotipo B de *Bemisia tabaci* (Homoptera: *Aleyrodidae*) adquiere mayor importancia en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(1), 21-28.
- Rodríguez, O. (2009). Evaluación del comportamiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) resistentes a la sequía, en condiciones de riego y sin riego, e incidencia de enfermedades. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13(39), 19-30.
- Rojas B, J. R. et al. (1990). Validación de un modelo de predicción para rendimiento de grano de frijol. *Agrociencia*, 1(4), 8-24.
- Rosas, J. C. (2016). El Cultivo del Frijol Común en América Tropical. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Tegucigalpa, Honduras, 2, 57.
- Ruíz, C. (2012). Adaptar la agricultura al cambio climático. *Ciencia*, 63(4), 76-83.

- Saucedo, C. O., Mena, O. y Quintero, E. (1996). *Estudio del complejo de enfermedades foliares en frijol en función de las variedades y época de siembra* (tesis de grado) Universidad de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Schwartz, H. F., y Gálvez, G. E. (1980). Problemas de producción del frijol: Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 327-340.
- Singh, S. (2001). Broadening the genetic Base of Common Bean Cultivars: A review. *CropSci*.
- Singh, S. G., & Urrea, C. G. (1991). Genetic diversity in cultivated common bean. II. Marker-based analysis on morphological and agronomic traits (31<sup>o</sup> ed.). *Crop Sci*.
- Socorro, Q. M., y Martín, F. D. (1989). Granos. Pueblo y Educación. La Habana, 318.
- Somayoa, L.F. (2010). Explotación de la nueva variación genética y mejora genética del complejo de *Phaseolus vulgaris* (L). Departamento de Recursos Fitogenéticos de la Misión Biológica de Galicia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, (MBG-CSIC), Pontevedra, España, 93.
- Ulloa, J. A., Ulloa, P. R., Ramírez, R. J. & Ulloa, R. B. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 3(8), 5-9. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf>.
- Ustimenko-Bakunovsky, G. V. (1982). El cultivo de plantas subtropicales y tropicales. Moscú, Rusia: Mr.
- Vázquez-Montenegro, R.J., Durán, O., & Baca M. (2014). Modelos de impacto en la agricultura teniendo en cuenta los escenarios de la agricultura del cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(12), 20-26.
- Veitía, M. (2010). Manejo de plaguicidas. Curso "Tendencias sobre el manejo de plagas". Grupo manejo de plagas INISAV- CNSV. Recuperado de <http://www.inisav.cu>.
- Viviani, V. L. (2017). *Análisis bioclimático y ordenación agrícola del estado de Pernambuco, Brasil* (tesis de maestría). Universidad de Jaén, Pernambuco, Brasil.
- Voysest, O. (1985). Mejoramiento del frijol por introducción y selección. Investigación y producción. Cali, Colombia, 82-106.
- Walker, J. C. (1969). *Plant Pathology*. Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill Book, 819.

- Weiss V, B., Burin, M. E., y Handolfi, V. H. (1988). Morfología en cultura do Feijoeiro. Factores que afectan la productividad. Asociacao Brasileira para pesquisa do potassa e do fosfato. Piracicaba. Sp.
- Write, J. W. (1985). Conceptos básicos de Fisiología del frijol. En: frijol: Investigación y producción. Cali, Colombia.
- Zimmermann, M. J., et al. (1990). Cultivo do Frijol. Factores que afectan a productividades. *Agrociencia*, 2(4).