

## Capítulo III

### Aseguramiento de la calidad de la semilla de guandul

Los esquemas de aseguramiento de la calidad de guandul incluyen herramientas destinadas a obtener y preservar la calidad de la semilla, lo cual permite producir, entregar y distribuir semilla de calidad de guandul a los productores en campo. Estos esquemas desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la calidad física, fisiológica, genética y sanitaria de la semilla, ya que identifican puntos críticos que podrían comprometer alguno de los atributos de calidad. Además, proponen pruebas necesarias para verificar la calidad de la semilla, sugieren actividades preventivas y de control para prevenir la pérdida o degradación de la calidad, establecen medidas de contingencia en caso de deterioro de la calidad de la semilla y presentan un modelo de producción de semilla que define los plazos de producción de semilla en las diferentes fases de producción en la región de estudio (Guzmán et al., 2022). Estos esquemas se han diseñado con el propósito de facilitar la obtención de semilla de alta calidad, y para cada atributo de calidad se ha establecido un tipo específico de esquema, los cuales son descritos a continuación (Agudelo et al., 2021; Hernández, 2018; Hernández et al., 2019; Ramírez et al., 2019).

- Esquema de aseguramiento de la calidad física
- Esquema de aseguramiento de la calidad fisiológica
- Esquema de aseguramiento de la calidad genética
- Esquema de aseguramiento de la calidad sanitaria

## 3.1. Calidad genética de la semilla de guandul

### 3.1.1. Puntos críticos de pérdida de calidad genética

Durante el proceso de producción de semilla de calidad existen puntos críticos en los que se corre el riesgo de perder la calidad genética, los cuales se describen a continuación:

**Recepción de la semilla:** el origen de las semillas locales, criollas o de variedades regionales debe ser identificado, y se recomienda completar un pasaporte para cada material vegetal del cual se recolecten semillas. Esto es esencial para garantizar la obtención de semillas puras (pureza varietal-analítica), uniformes en tamaño (peso de semilla uniforme), saludables y vigorosas con el objetivo de alcanzar un potencial de germinación óptimo en el futuro.

**Selección de lote y aislamiento:** el lote debe cumplir con un aislamiento que garantice una distancia mínima de 500 metros entre otros lotes que produzcan guandul. Alternativamente, se puede considerar el aislamiento de las plantas mediante el uso de casas de malla, ya que la especie tiene la capacidad de realizar cruzamientos libres en campo (Cedano, 2006).

**Siembra y desarrollo:** la siembra se puede realizar ubicando un par de semillas directamente en el suelo. Este proceso puede hacerse mediante plantulación, en bandejas con alveolos de plástico que estarán listas para trasplante en 30 días, o utilizando bolsas vivero, que estarán listas para trasplante en 60 días. El trasplante garantiza la cantidad de plantas en el terreno. En cuanto al desarrollo durante la etapa de floración, es importante señalar que puede ocurrir polinización cruzada, con una tasa de exogamia que varía entre el 0 y el 40 % (Upadhyaya, 2008). Por esta razón, se recomienda producir semilla de un solo material por cada lote. Si se presentan errores en el proceso de trazabilidad o rastreo del origen de la semilla sembrada, es esencial llevar a cabo inspecciones en el campo durante el desarrollo del cultivo para identificar y eliminar cualquier material no deseado del lote de producción.

**Cosecha:** Binder (1997) y Castillo et al. (2016) sostienen que la cosecha debe realizarse cuando las vainas alcancen su madurez fisiológica. Un indicador relevante para determinar este momento es que aproximadamente el 50 % del área sembrada haya alcanzado su color definitivo. Esto, naturalmente, puede variar según el genotipo de la planta, ya que algunos genotipos tienen ciclos de maduración que pueden ser denominados como precoces, semi-tardíos o tardíos.

**Poscosecha:** limpieza y clasificación según su calibre (tamaño). Evitar mezcla de materiales cosechados en diferentes lotes (ICA, 2015a, 2015b).

**Almacenamiento:** la identificación y etiquetado del material cosechado para registrar su trazabilidad contempla dos aspectos (ICA, 2015a, 2015b). El primero se relaciona con elementos, factores o situaciones que pueden dar lugar a la pérdida de la calidad genética, por ejemplo:

- a) La selección de material inadecuado para la multiplicación, como material impuro, mezclado o con características morfo-agronómicas o comerciales no deseadas.
- b) La elección de áreas de multiplicación en zonas que tengan lotes comerciales de guandul en proximidad o que hayan tenido guandul en ciclos de siembra anteriores, especialmente si son de materiales diferentes a los que se están incrementando.
- c) La falta de rigurosidad durante la cosecha y el almacenamiento de los materiales, lo que podría resultar en problemas en la separación e identificación de la producción.

El segundo aspecto se relaciona con la práctica de mezclar materiales, ya que se ha observado que existen prácticas tradicionales en las que todo el material cosechado, independientemente de si es del mismo tipo de material o no (manejo indiscriminado intencional), puede dar lugar a mezclas no deseadas. Esto puede llevar a la alteración de la pureza genética y, como resultado, a la pérdida de la identidad genética del material, lo que equivale a una pérdida de calidad genética en la semilla.

Los indicadores cuantitativos y cualitativos para medir la calidad genética en cada uno de los puntos críticos permiten evaluar la pureza varietal en la semilla. Esta pureza varietal se basa tradicionalmente en rasgos visualmente distinguibles (características morfológicas), aunque también pueden emplearse rasgos bioquímicos para

la identificación, como la secuenciación de ADN. Según FAO & AfricaSeeds (2019), la pureza varietal o genética puede referirse a:

- a) La relativa uniformidad fenotípica, es decir, cómo se manifiesta la planta en todas sus características morfológicas.
- b) La proporción de plantas o semillas en una población que se ajusta a la descripción oficial de la variedad (tabla 9).

**Tabla 9.** Indicadores cuantitativos y cualitativos de medición de la calidad genética en guandul

Punto crítico	Indicadores		Rango de aceptación
	Cuantitativos	Cualitativos	
Siembra (desarrollo del cultivo)	Pureza varietal	<b>Etapa vegetativa:</b> caracteres morfológicos como hábito de crecimiento, color de tallo, forma de los folíolos o vellosidad en el envés de la hoja.	98 %
		<b>Etapa reproductiva:</b> caracteres morfológicos como pigmentación del cáliz, color de la flor (base o secundario), patrón de rayado de la flor, patrón de floración (determinado, semideterminado o indeterminado), color de la vaina, forma del perfil de la vaina, forma de la vaina o vellosidad en la vaina.	
Cosecha (semilla)		Caracteres morfológicos como patrón de color de la semilla (liso, manchado, pecoso, anillado, manchado y pecoso), color de la semilla (base o secundario), color del ojo de la semilla, forma de la semilla o tipo de hilum.	

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2006); International Board for Plant Genetic Resources [IBPGR] (1993)

Después de revisar la normatividad vigente (ICA 2015a, 2015b), se confirmó que a la fecha no existe un parámetro sobre la pureza genética de la especie *C. cajan*. Sin embargo, es importante contar con elementos de referencia para proyectar la producción de semilla de guandul. La tabla 8 muestra la información existente según el

sistema de semillas de calidad declarada (FAO, 2006). Es relevante mencionar que las normas de pureza varietal para cultivos en general varían entre 98 % (para semillas certificadas de algunos cultivos) y 99,9 % (para semillas núcleo o básicas). Estas normas son aplicadas en la inspección de campo realizada por las entidades de control oficial, en las parcelas de control y en el laboratorio (FAO & AfricaSeeds, 2019).

Es fundamental mantener la pureza de las variedades y la calidad de las semillas durante todo el proceso de producción para obtener buenas cosechas, especialmente si se pretende formalizar la producción de semilla de guandul (FAO & AfricaSeeds, 2019). Los procedimientos establecidos en este documento pretenden contribuir al mantenimiento de la pureza genética de la semilla; razón por la cual se mencionan cuatro etapas clave en el proceso de formalización:

- Control de las semillas en las generaciones anteriores.
- Inspecciones de campo durante el proceso de multiplicación para asegurar que no haya contaminación y que la variedad sea auténtica.
- Análisis de calidad de las semillas en los laboratorios.
- Muestreos en parcelas de control de la semilla conocida para comparar y asegurar que la descendencia se ajuste a las características de la variedad.

### **3.1.2. Pruebas analíticas para determinar la calidad genética**

Las técnicas analíticas para identificar y certificar la pureza genética del material son establecidas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). A través de su esquema de semillas, proporciona métodos reconocidos para determinar la pureza varietal de las semillas por medio de parcelas de control o de inspección de cultivos. Las técnicas analíticas requeridas para identificar y verificar la calidad genética del material incluyen la prueba de pureza varietal, que consiste en la determinación y verificación de la identidad y pureza de la especie y variedad declarada. Esto se logra mediante la evaluación de características morfológicas de la semilla o plántula, propiedades químicas y aspectos citológicos. Los resultados se expresan como porcentajes que representan el peso de la semilla pura, la cual dará lugar a plantas que concuerdan con la descripción de la variedad. Dentro de los marcadores se utilizan:

**Marcadores morfológicos:** son atributos de un individuo que se manifiestan en un ambiente particular y que los seres humanos identifican con un propósito específico. Por ejemplo, en el caso de los árboles de guandul, se pueden emplear como marcadores morfológicos características como la forma, la apariencia (incluyendo color o patrón de manchado) y el peso o tamaño de las semillas. Se ha observado que estas características se relacionan en la mayoría de las poblaciones con la supervivencia, el crecimiento y la reproducción (Solís & Andrade, 2005). En este caso, la herramienta que se usará serán los descriptores genéticos para esta especie publicados por la Junta Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR, 1993).

**Marcadores moleculares:** Solís & Andrade (2005) sostiene que los marcadores moleculares corresponden a cualquier gen cuya expresión produce un efecto cuantificable u observable en las características fenotípicas y que puede ser fácilmente detectado. Este tipo de marcadores puede evaluarse desde los primeros estadios de desarrollo de los individuos y puede aplicarse a un individuo completo o a una parte de él. Los marcadores genéticos siguen las leyes fundamentales de la herencia mendeliana, pero no todos los marcadores moleculares pueden considerarse genéticos. Existen dos tipos principales de marcadores moleculares: los marcadores bioquímicos y los marcadores de ADN.

Los marcadores de ADN han experimentado avances significativos en la mejora de los materiales cultivados en la India, que es uno de los principales productores de guandul en el mundo. A través de la secuenciación genómica, se ha logrado identificar una amplia variedad de recursos que serán valiosos para investigaciones futuras. Estos recursos incluyen posibilidades como altos rendimientos, poblaciones genéticas modernas, mapas genéticos de alta densidad de materiales, variantes genéticas a gran escala, secuenciación de genomas mitocondriales o genomas completos. Además, se pueden plantear ensayos moleculares para mejorar la reproducción y, adicionalmente, se pueden incorporar marcadores o características relacionadas con la restauración de la fertilidad, la tolerancia a la marchitez por *Fusarium*, el tipo de planta, la precocidad y el patrón de floración de cada genotipo (Bohra et al., 2017).

### 3.1.3. Prevención, control y contingencia de la calidad genética

Las medidas de prevención, control y contingencia en casos de disminución o pérdida de la calidad genética contemplan las siguientes actividades:

- La eliminación de plantas de otras especies, de otras variedades y de malezas debe realizarse según lo requiera el proceso de multiplicación y de acuerdo con los principios apropiados para asegurar la pureza varietal del lote de semilla. Este proceso se basa en el protocolo establecido para realizar estas pruebas mediante inspecciones de campo, que abarcan tanto la etapa vegetativa como la reproductiva.
- El control de la polinización es esencial para mantener la identidad genética de las accesiones. Para lograrlo, es necesario prevenir la polinización cruzada, lo cual puede lograrse cubriendo las plantas con bolsas de muselina o cultivando las accesiones en jaulas a prueba de insectos (Upadhyaya, 2008).
- Es importante implementar los procesos de trazabilidad durante la poscosecha y el almacenamiento para evitar la pérdida de la calidad genética por mezclas mecánicas involuntarias.
- Para controlar la polinización cruzada, es necesario implementar un proceso de aislamiento. Este aislamiento puede lograrse mediante la siembra en lotes separados por al menos 500 metros de distancia entre sí o a través de la programación de siembras en diferentes épocas del año, de manera que se evite la coincidencia de los periodos de floración y, por lo tanto, se reduzca la posibilidad de mezcla durante la cosecha (FAO & AfricaSeeds, 2019).
- Para conservar la identidad y la pureza varietal de las accesiones es necesario establecer parcelas de control en etapas iniciales del proceso de certificación y multiplicación de semillas realizando monitoreos para registrar información que permita confirmar la identidad de cada accesión.

A continuación, se describen las medidas de control y contingencia necesarias en casos de pérdida de la calidad genética durante el proceso de producción de semilla:

- Conservar en bancos de germoplasma el recurso genético. En Colombia la semilla está conservada en los bancos de germoplasma de AGROSAVIA y del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Tradicionalmente, en el mercado se ha mantenido la práctica intencionada de mezclar variedades, lo cual ha influido positivamente en los precios del grano y en los rendimientos. Es posible que algunos productores deseen continuar trabajando de esta manera.

## 3.2. Calidad física de la semilla de guandul

Se han identificado los puntos críticos en el proceso de producción en los que existe el riesgo de disminución o pérdida de los atributos físicos de la calidad de la semilla. Además, se han desarrollado estrategias de prevención destinadas a mitigar la disminución de la calidad en estos parámetros. También se han establecido pruebas apropiadas para evaluar la condición física y se han definido medidas de contingencia necesarias en casos de pérdida de la calidad física de la especie *C. cajan*.

### 3.2.1. Puntos críticos de pérdida de la calidad física

La identificación de los puntos críticos de pérdida de la calidad física de semillas dentro del proceso productivo debe registrarse en las etapas de precosecha, cosecha, poscosecha y transporte, tal como se describe a continuación:

- **Precosecha:** llevar a cabo limpiezas, raleos y la eliminación de plantas pertenecientes a especies catalogadas como nocivas, prohibidas, comunes y de otros cultivos es esencial. Esto se debe a que si estas plantas están presentes durante la cosecha, sus semillas podrían mezclarse con el producto principal y poner en riesgo tanto su pureza física como su pureza genética.
- **Cosecha:** la cosecha de la semilla debe llevarse a cabo cuando haya alcanzado la madurez fisiológica. Una vez cosechada, la semilla inicia un proceso natural de deterioro fisiológico, cuya velocidad depende del ciclo de producción (corto o largo). Un indicador clave es cuando la vaina y el grano han alcanzado un color definitivo, que representa más del 50 % de la superficie total del área. Además, otro factor importante es la madurez de la cosecha, que se decide a criterio del productor (el momento en que se inicia la cosecha). Se recomienda medir

el contenido de humedad de la semilla durante la etapa de madurez fisiológica para estimar el punto de partida de los controles futuros.

- **Postcosecha:** el proceso incluye el secado, la eliminación de impurezas (como materia inerte y otras semillas) y la clasificación según el calibre (tamaño) de la semilla, lo que se reflejará en su peso. El empaque debe seleccionarse en función de la conservación de la semilla y la mitigación de la pérdida de calidad (porcentaje de humedad, presencia e incremento plagas).
- **Transporte:** en cualquier momento del ciclo de transporte de la semilla, existe la posibilidad de que su calidad física se deteriore debido a daños mecánicos causados por golpes o debido a desequilibrios entre la temperatura y la humedad relativa. Esto puede resultar en una disminución en el porcentaje de viabilidad de la semilla.

Los indicadores cuantitativos y cualitativos de medición de la calidad física se describen en la tabla 10.

**Tabla 10.** Indicadores cuantitativos de la calidad física para semillas de guandul

Punto crítico	Indicadores cuantitativos	Rango de aceptación
Humedad de grano para cosecha	Porcentaje de contenido de humedad en grano	12 a 14 %
Poscosecha	Análisis de pureza física	95 %
Poscosecha	Determinación de peso de semilla	Varía según el genotipo

Fuente: Elaboración propia con base en ICA (2015a, 2015b)

La especie *C. cajan* está catalogada como semilla seleccionada en la Resolución 3168 de 2015, modificada por la 3888 de 2015 (ICA, 2015a, 2015b). Por esta razón, el control oficial no requiere determinaciones como el porcentaje de malezas nocivas ni la determinación de otras semillas por número. Esto se debe, en parte, a que la cosecha de especies arbustivas o de gran porte no se realiza a ras de suelo, donde existe un mayor riesgo de contaminación. Sin embargo, se aplican parámetros adicionales referidos en esta normativa para especies de la misma familia botánica (Fabaceae), como *Phaseolus vulgaris* y *Glycine max*, que sí incluyen consideraciones como el contenido de humedad, tal como se define en la tabla 10.

### 3.2.2. Pruebas analíticas para determinar la calidad física

En la tabla 11 se describen los ensayos para determinar la calidad de física de la semilla sexual en *C. cajan*.

**Tabla 11.** Ensayos de determinación de calidad física

Prueba	Descripción	Resultado
<b>Análisis de pureza física</b>	La determinación de la composición de la muestra analizada permite inferir la composición del lote del cual provienen las semillas. Esto se logra al establecer la proporción de semilla pura, de especies de semillas diferentes y de partículas inertes que conforman la muestra.	Porcentaje de semilla pura, porcentaje de materia inerte y porcentaje de otras semillas
<b>Determinación de peso</b>	Especifica el peso de una muestra de 100 semillas provenientes del lote de la semilla pura.	Gramos (g)
<b>Determinación del contenido de humedad</b>	Establece el contenido de humedad en una muestra de semillas en un momento determinado, expresado en porcentaje con respecto al peso de la muestra de trabajo.	Porcentaje de humedad en la semilla

Fuente: ICA (2015a, 2015b); International Seed Testing Association [ISTA] (2018)

Las técnicas o procesos analíticos por ahora planteados son los validados internacionalmente por el ISTA para la evaluación de calidad física en semillas para esta especie. AGROSAVIA seleccionó la prueba de pureza física y de determinación del porcentaje de humedad para el proceso de verificación de la calidad física.

### 3.2.3. Prevención, control y contingencia de la calidad física

Dentro de las medidas de prevención, control y contingencia en casos de disminución o pérdida de los atributos físicos, destacan las actividades de prevención y control necesarias para evitar la pérdida o disminución de los atributos físicos de la semilla (tabla 12).

**Tabla 12.** Actividades para la prevención de la pérdida de la calidad física de las semillas

Atributo	Medida de prevención o control
<b>Pureza física</b>	Durante el ciclo de cultivo y la cosecha se deben llevar a cabo controles de arvenses y malezas para prevenir la presencia de sus semillas en el material cosechado.
	Para prevenir la contaminación de la cosecha con semillas de otros cultivos, se recomienda evitar la siembra asociada con otras especies en los lotes de producción de semilla.
	Es importante manipular la semilla de manera adecuada durante el transporte y en los procesos de limpieza y clasificación para evitar su fragmentación, quiebre o fractura.
	Se debe limpiar adecuadamente la semilla para extraer fragmentos de plantas o vainas, insectos muertos, tierra y cualquier otro elemento extraño o materia inerte.
	Es clave propender porque la semilla tenga un proceso de empaqueo de calidad y disponga de un lugar de almacenamiento con condiciones adecuadas de luz, temperatura, humedad relativa, control de plagas y enfermedades de almacenamiento.
	Se recomienda realizar los ensayos en muestras de trabajo representativas del lote que se va a evaluar de acuerdo con las metodologías del ISTA recomendadas para cada caso.

(Continúa)

(Continuación)

Atributo	Medida de prevención o control
<b>Contenido de humedad</b>	Evitar que la cosecha coincida con periodos de lluvia.
	La semilla no debe superar el 13 % de contenido de humedad durante el proceso de secado; de esta forma se garantiza un mejor acondicionamiento y potencial de almacenamiento.
	En condiciones de secado controlado, es esencial llevar un registro del contenido de humedad inicial y final de la semilla, así como medir el tiempo que tomará el proceso.
	El secado natural, que es el método más tradicional, debe llevarse a cabo en un área protegida y ventilada, ya que cuando se realiza al aire libre, está sujeto a las condiciones ambientales. Deben realizarse volteos periódicos, preferiblemente en horas tempranas cuando la superficie que se utiliza no esté caliente y pueda dañar la semilla. También es importante supervisar constantemente el tiempo para evitar que el proceso de secado se prolongue en exceso.
	Se deben realizar las determinaciones en muestras de trabajo representativas del lote que se va a evaluar con las metodologías propuestas por el ISTA para cada caso.
<b>Peso de semilla</b>	Este atributo depende del genotipo de la semilla y del manejo adecuado de las condiciones de temperatura y humedad durante el proceso de poscosecha y almacenamiento. Es importante tener en cuenta que el peso inicial de la semilla no será igual al peso final en el momento de la comercialización. Durante el proceso de clasificación, el paso de la semilla a través de mesas de gravedad permite la separación de las semillas con mayor peso volumétrico, lo cual es esencial para calcular la cantidad de semilla a utilizar en la siembra.

### 3.3. Calidad fisiológica de la semilla de guandul

Se establecerán los puntos críticos a lo largo del proceso productivo durante los cuales existe el riesgo de disminuir o perder los atributos fisiológicos de la calidad de las semillas. Se desarrollarán estrategias de prevención con el fin de mitigar la reducción de la calidad en este parámetro, se expondrán las pruebas adecuadas para verificar su condición fisiológica y se establecerán las medidas de contingencia necesarias en caso de que se produzca una pérdida de la calidad fisiológica del guandul. Además, se determinará un modelo de producción de semilla para esta especie que incluirá las herramientas necesarias para obtener y mantener la calidad fisiológica de las semillas.

#### 3.3.1. Puntos críticos de pérdida de la calidad fisiológica

El deterioro de semilla comienza cuando alcanza la madurez fisiológica, ya que en este punto las semillas dejan de recibir los fotoasimilados de la planta y quedan expuestas al medio ambiente, bajo condiciones de humedad y temperatura que favorecen su deterioro. Por esta razón, los puntos críticos son:

- **Precosecha:** la ubicación del cultivo y el clima de la región influyen en la calidad de la semilla, entendida como su capacidad de germinación, su viabilidad, vigor y salud. La lluvia previa a la cosecha genera condiciones de temperatura y humedad variables que pueden contribuir a la contaminación de la semilla con patógenos que afectan su calidad. Además, un retraso en la cosecha sobreexpone a la semilla a condiciones de campo e intensifica el deterioro de las semillas, que pueden verse perjudicadas por la presencia de plagas como gorgojos.
- **Cosecha y poscosecha:** la correcta manipulación de las vainas que contienen los granos en la cosecha es uno de los factores críticos para asegurar la calidad. Es necesario cosechar las vainas de guandul en su madurez fisiológica para que estas puedan separarse de las semillas adecuadamente durante el secado, trillado y procesamiento. Durante el proceso de beneficio de la semilla también existe el riesgo de afectar su calidad debido a la generación de daños mecánicos, lo cual podría facilitar la entrada de patógenos a la semilla.

- **Almacenamiento:** la vida útil de las semillas en centros de acopio depende de factores como la viabilidad inicial de las semillas, el contenido de humedad en las semillas y la combinación de humedad relativa y temperatura. Si estos factores no se controlan adecuadamente, las semillas pueden deteriorarse. Las semillas con altos porcentajes de viabilidad tienden a mantenerse viables por más tiempo, mientras que las semillas vigorosas y sin daños pueden almacenarse durante períodos más prolongados en comparación con las semillas dañadas. Es importante destacar que las semillas que han estado expuestas a condiciones de sequía, calor o escasa nutrición son más susceptibles al deterioro.
- **Transporte y tránsito:** durante el almacenamiento y transporte en los centros de acopio, las semillas están expuestas a daños mecánicos por la manipulación, razón por la cual se debe asegurar la calidad de manera permanente.

En la tabla 13 se encuentran los indicadores cuantitativos y cualitativos de medición de la calidad fisiológica.

**Tabla 13.** Indicadores para la medición de la calidad fisiológica

Punto crítico	Indicadores		Rango de aceptación
	Cuantitativos	Cualitativos	
Presiembra	Porcentaje germinación	Plántulas normales	70 %
Presiembra	Test de tetrazolio	Viabilidad embrión	70 %

Fuente: Elaboración propia con base en ICA (2015a, 2015b)

Según la Resolución 3168 (ICA, 2015a), la especie *C. cajan* es una semilla seleccionada y, por lo tanto, en el control oficial no se realizan determinaciones de porcentaje de viabilidad ni de vigor. Sin embargo, en el control interno de la producción de semilla, el vigor y la viabilidad son de vital importancia, ya que las semillas tienden a deteriorarse más rápidamente durante el almacenamiento. Por esta razón, se toma como referencia el mismo porcentaje mínimo de germinación para la aceptación de la semilla. Ahora bien, para establecer el porcentaje de vigor es importante tener en cuenta las condiciones regionales, como la humedad relativa durante la temporada de lluvias y la profundidad efectiva del suelo en el que se multiplicará la semilla (Montenegro, 2020).

### 3.3.2. Pruebas analíticas para determinar la calidad fisiológica

Las técnicas o procesos analíticos planteados para la evaluación de calidad física y fisiológica en semillas son validados internacionalmente. AGROSAVIA seleccionó el ensayo de germinación estándar y el ensayo bioquímico de viabilidad (test topográfico de tetrazolio) para el proceso de verificación de la calidad fisiológica de las semillas de guandul. En la tabla 14 se exponen ensayos seleccionados para determinar la calidad fisiológica de la semilla sexual en guandul.

**Tabla 14.** Procesos de determinación de la calidad fisiológica

Prueba	Descripción	Resultado
<b>Ensayo de germinación</b>	Determina el máximo potencial de germinación de un lote de semillas, de manera que permite comparar la calidad de diferentes lotes y estimar su valor potencial de germinación en campo.	<b>Plántulas normales (%)</b>
<b>Ensayo bioquímico de viabilidad (llamado también test topográfico de tetrazolio)</b>	Realiza una estimación rápida de la viabilidad de una muestra de semillas. Determina la viabilidad de semillas posiblemente latentes resultantes del análisis de germinación. Daño mecánico y por insectos	<b>Semillas viables (%)</b>

Fuente: ICA (2015a, 2015b); ISTA (2018)

### 3.3.3. Prevención, control y contingencia de la calidad fisiológica

En la tabla 15 se indican las actividades de prevención y control necesarias para evitar la pérdida o disminución de los atributos fisiológicos de la semilla.

**Tabla 15.** Listado de actividades para la prevención de la pérdida de calidad fisiológica

Atributo	Medida de prevención y/o control
<b>Germinación, vigor y viabilidad</b>	Estos atributos están estrechamente relacionados. Es de vital importancia registrar y controlar los procesos de almacenamiento, ya que una semilla con bajo vigor perderá rápidamente su potencial de germinación.
	En almacenamiento se deben realizar los ensayos para medir estos atributos con frecuencia y llevar lo registros pertinentes para hacer una adecuada trazabilidad al proceso. Los intervalos de estas evaluaciones dependerán de las condiciones de temperatura y humedad en las que se encuentre almacenada la semilla. Cuando la temperatura es alta deben realizarse con mayor periodicidad.
	Para realizar ensayos de germinación adecuados debe garantizarse un muestreo que siga las recomendaciones del ISTA, así los resultados serán representativos.

Fuente: Aguirre & Peske (1988)

Con base a lo tratado en la tabla 12, se pueden sintetizar algunas medidas de contingencia para evitar la pérdida de calidad fisiológica en las diferentes etapas del proceso de producción de semilla:

- **Campo:** seguimiento y control en puntos críticos del proceso de producción o desarrollo de cultivo. Durante las fases vegetativa y reproductiva se recomienda hacer un adecuado control de malezas y otros cultivos en el área de multiplicación.
- **Cosecha:** verificar la madurez fisiológica y el porcentaje de humedad óptimo para la cosecha.
- **Poscosecha:** implementar un buen sistema de secado.
- **Almacenamiento y pre-siembra:** es fundamental asegurarse de que el proceso de empaquetado de la semilla sea de alta calidad. Para esto, debe proporcionarse un lugar de almacenamiento con condiciones adecuadas en el que se pueda controlar la luz, la temperatura y la humedad. Además, es importante analizar con regularidad el porcentaje de humedad, el peso de las semillas y los ensayos de germinación, vigor y viabilidad.

- En general se deben diseñar y aplicar protocolos de manejo para la cosecha, poscosecha y almacenamiento con énfasis en la conservación de los atributos de calidad, como el potencial de germinación y la viabilidad de los embriones. Estos atributos deben ser evaluados con metodologías validadas en los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolio.
- Se deben utilizar espacios de almacenamiento adecuados para asegurar la conservación de las semillas en condiciones ambientales controladas y así mantener su viabilidad durante largos períodos: desde la siembra hasta la cosecha. Si es necesario, se deben adaptar bodegas de almacenamiento instalando sistemas de conservación en frío e incentivando el uso de refrigeradores con este propósito. Dependiendo del volumen y la gestión de la producción también se puede optar por el alquiler de un cuarto frío. En cualquier caso, es fundamental hacer un estricto seguimiento durante el proceso de conservación de semillas a bajas temperaturas.

### 3.4. Calidad sanitaria de la semilla de guandul

Diversas plagas y patógenos causan daños al guandul (tabla 16). Probablemente, la enfermedad más amenazante para el guandul en el mundo es el marchitamiento por *Fusarium*, la cual es causada por el hongo *Fusarium udum* (Krieg et al., 2017; Mir et al., 2017; Saxena et al., 2017; Thurston, 1984). Algunos insectos plaga de importancia para el guandul son *Zabrotes subfasciatus*, *Chloridea virescens* y *Elasmopalpus lignosellus* (Vélez, 1997).

Tabla 16. Plagas y patógenos reportados en Colombia para guandul

Nombre o daños causados	Nombre científico	Referencia
Alternaria, mancha de la hoja, tizón de alternaria	<i>Alternaria</i> sp.	Buriticá (1999); Reddy et al. (1993)
Antracnosis del guandul	<i>Colletotrichum cajani</i> Sinonimia: <i>Glomerella cingulata</i>	Cedano (2006); European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO] (2022); Reddy et al. (1993)

(Continuación)

Nombre o daños causados	Nombre científico	Referencia
Cancerosis del tallo del guandul	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>Cajani</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>Cajani</i>	Cedano (2006); EPPO (2022); Reddy et al. (1993)
Mancha foliar por cercospora	<i>Passalora cajani</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Cercodeuterospora trichophila</i> ; <i>Cercospora cajani</i> ; <i>Cercospora indica</i> ; <i>Mycovellosiella cajani</i> ; <i>Mycovellosiella cajani</i> var. <i>Indica</i> ; <i>Mycovellosiella cajani</i> var. <i>Trichophila</i> ; <i>Passalora cajani</i> var. <i>Indica</i> ; <i>Passalora cajani</i> var. <i>Trichophila</i> ; <i>Vellosilla cajani</i>	Nene et al. (1996); Reddy et al. (1993); Reddy et al. (2012)
Marchitamiento por Fusarium	<i>Fusarium udum</i>	Krieg et al. (2017); Mir et al. (2017); Reddy et al., (1993); Saxena et al. (2017); Thurston (1984)
Nudo de la raíz	<i>Meloidogyne incognita</i>	EPPO (2022)
Pudrición carbonosa, podredumbre del tallo, pudrición seca de la raíz	<i>Macrophomina phaseolina</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Macrophomina phaseoli</i> ; <i>Rhizoctonia bataticola</i> ; <i>Sclerotium bataticola</i>	Buriticá (1999); EPPO (2022); Reddy et al. (1993)
Roya del guandul	<i>Uromyces dolicholi</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Uredo cajani</i> ; <i>Uromyces cajani</i>	Buriticá (1999); Buriticá et al. (2014); Castillo et al. (2016); Cedano (2006); Nene et al. (1996); Reddy et al. (1993); Reddy et al. (2012); Salazar et al., (2002)
Arañita roja	<i>Oligonychus</i> sp.	Arenas et al. (2022a)
Crisomérido comedor de follaje	<i>Diphaulaca aulica</i>	Araúz (2013)

(Continúa)

(Continuación)

Nombre o daños causados	Nombre científico	Referencia
Picudo comedor de follaje	<i>Naupactus</i> sp.	Arenas et al. (2022a)
Mapaitero cortador de flores	<i>Trigona</i> sp.	Araúz (2013)
Gusano bellotero masticador de vainas. En el fruto, destruye granos al comienzo de la maduración	<i>Chloridea virescens</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Heliothis virescens</i> ; <i>Noctua virescens</i> ; <i>Helicoverpa virescens</i> ; <i>Heliothis</i> sp.	Cedano (2006); Guzmán et al. (2018); Ranga & Shanower (1999)
Gusano taladrador de la vaina del guandul	<i>Maruca</i> sp. <i>Etiella zinckenella</i>	EPPO (2011); Guzmán et al. (2018); Ranga & Shanower (1999); Araúz, (2013); Cedano (2006)
Mosca de la vaina del guandul	<i>Melanagromyza</i> sp.	Abreu et al. (2003); Araúz (2013); Cedano (2006); Ranga & Shanower (1999)
Gorgojo del guandul	<i>Acanthoscelides zeteki</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Acanthoscelides</i> sp.	Vélez (1997)
Cochinilla chupadora	<i>Pulvinaria</i> sp.	EPPO (2022)
Cucarrón verde masticador de flores y frutos tiernos	<i>Macraspis lucida</i>	EPPO (2022)
Membrácido de ramas tiernas	<i>Enchenopa ignidorsum</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Enchenopa erícea</i> ; <i>Enchenopa subtilis</i> ; <i>Enchenopa</i> sp.; <i>Bolbonota</i> sp.; <i>Aconophora</i> sp.; <i>Stilbophora</i> sp.; <i>Campylenchia</i> sp.	Araúz (2013); EPPO (2022)

(Continúa)

(Continuación)

Nombre o daños causados	Nombre científico	Referencia
Pulgón chupador	<i>Aphis gossypii</i>	Ranga & Shanower (1999)
Gorgojo del caupí	<i>Callosobruchus maculatus</i>	Cedano (2006); EPPO (2011); Ranga & Shanower (1999)
Gorgojo menor de los frijoles	<i>Zabrotes subfasciatus</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Spermophagus dorsopictus</i> ; <i>Spermophagus fasciatus</i> ; <i>Spermophagus musculus</i> ; <i>Spermophagus pectoralis</i> ; <i>Spermophagus subfasciatus</i> ; <i>Zabrotes pectoralis</i>	EPPO (2022); Vélez (1997)
Gusano pinito con larvas son urticantes	<i>Automeris</i> sp.	EPPO (2022)
Gusano taladrador menor del maíz	<i>Elasmopalpus lignosellus</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Dasypyga carbonella</i> ;	Cedano (2006)
Gusano trozador de plántulas	<i>Agrotis ipsilon</i> ; <i>Spodoptera</i> sp.	Cedano (2006); EPPO (2022)
Hormiga arriera	<i>Atta cephalotes</i>	Buriticá (1999); Buriticá et al. (2014); Castillo et al. (2016); Nene et al. (1996); Reddy et al. (2012); Salazar et al. (2002)
Pulgón negro de los cítricos, pulgón del cacao	<i>Aphis aurantii</i> <b>Sinonimia:</b> <i>Aphis camelliae</i> ; <i>Aphis coffeae</i> ; <i>Ceylonia theaeicola</i> ; <i>Toxoptera aurantiae</i> ; <i>Toxoptera aurantii</i> ; <i>Toxoptera coffeae thomensis</i> ; <i>Toxoptera theobromae</i>	Gallego (1967); Posada (1989)
Saltón de hojas, saltón pegajoso	<i>Aethalion reticulatum</i>	Tapias et al. (2019)

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1. Puntos críticos de pérdida de la calidad sanitaria

Se definen los puntos críticos que se deben controlar, se establece la metodología de muestreo, se determinan las técnicas analíticas y se fijan los procedimientos de control desde la recepción de la semilla destinada para la siembra hasta el proceso de producción de semilla. Esto incluye el establecimiento del área de producción de semilla, la fase de identificación de plagas, el proceso de diagnóstico y muestreo, así como las técnicas para la toma de datos y la producción de semillas para su posterior entrega y distribución. Todo esto se realiza teniendo en cuenta que el ICA, a través de la Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria, informó durante el año 2020 el estado fitosanitario de la especie vegetal *Cajanus cajan* mediante un reporte de especies plaga registradas, de acuerdo con el Sistema Nacional de Vigilancia Fitosanitaria. Específicamente, se identificaron las siguientes plagas del guandul para Colombia:

- *Acanthoscelides zeteki*
- *Acmaeodera* sp.
- *Aconophora* sp.
- *Aethalion reticulatum*
- *Alternaria* sp.
- *Ancylostoma stercorea*
- *Aphis gossypii*
- *Bolbonota pictipennis*
- *Callosobruchus maculatus*
- *Enchenopa ignidorsum*
- *Enchenopa sericea*
- *Heliothis virescens*
- *Macraspis lucida*
- *Macrophomina phaseolina*
- *Pulvinaria* sp.
- *Uromyces dolicholi*
- *Tachygonus* sp.

En el Caribe colombiano se detectaron plagas que se remitieron a los laboratorios de diagnóstico del ICA para su identificación taxonómica. El propósito de este proceso fue confirmar la presencia de las plagas previamente reportadas y reconocer la presencia de plagas que aún no se habían registrado en cultivos de guandul en Colombia. Dado que el ICA es la entidad encargada de certificar el estado fitosanitario del país de acuerdo con las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias, es fundamental que los nuevos registros que se incorporen en el estado fitosanitario de Colombia cumplan con ciertos estándares técnicos y científicos mínimos.

Para lograrlo, es esencial contar con información detallada sobre la recolección, identificación y diagnóstico de estas plagas, lo cual respalda la inclusión de estos organismos como nuevos registros de plagas del guandul en Colombia. Como parte de este proceso, se detallan las plagas y patógenos encontrados en los cultivos de guandul en la región Caribe (tabla 17) y se adjuntan los informes digitales de los diagnósticos fitosanitarios (anexos 1 al 19).

**Tabla 17.** Artrópodos y enfermedades del guandul identificados en el Caribe colombiano

Nombre de la plaga o patógeno encontrado	Estado fenológico de la planta en el que se observó	Órgano a observar para evaluación	Nº de reporte de diagnóstico fitosanitario ICA	Nº anexo
Pudrición de la raíz seca ( <i>Rhizoctonia</i> sp.)* Marchitamiento ( <i>Fusarium udum</i> )* Nudo de la raíz ( <i>Meloidogyne incognita</i> )	Desarrollo vegetativo, floración y llenado de vainas	Raíz – base del tallo	R3920M0000204	1
Tizón de <i>Alternaria</i> ( <i>Alternaria</i> sp.) Manchas foliares ( <i>Curvularia</i> sp.)	Desarrollo vegetativo, floración y llenado de vainas	Hojas en el haz y envés	R3921M0000063	2
Mapaitero ( <i>Trigona</i> sp.)*	Desarrollo vegetativo, floración y llenado de vainas	Cogollos, flores y vainas	R3921M0000027	3

(Continúa)

(Continuación)

Nombre de la plaga o patógeno encontrado	Estado fenológico de la planta en el que se observó	Órgano a observar para evaluación	N° de reporte de diagnóstico fitosanitario ICA	N° anexo
Mosca de la vaina ( <i>Melanagromyza</i> sp.)*	Floración y llenado de vainas	Vainas (presencia de ventanas)	R3921M0000029	4
Minador de hoja ( <i>Lithocolletinae</i> ) Polilla ( <i>Pyralinae</i> sp.)	Desarrollo vegetativo, floración y llenado de vainas	Hojas, botones florales, vainas	R3921M0000065	5
Gusano bellotero ( <i>Heliothinae</i> )	Floración y llenado de vainas	Botones florales, vainas	R3921M0000302	6
Gorgojo del frijol ( <i>Acanthoscelides</i> sp.)*	Maduración del grano, cosecha y poscosecha	Grano	R3921M0000025	7
Arañita roja ( <i>Oligonychus</i> sp.) y su depredador ( <i>Stethorus</i> sp.) Chinche de encaje ( <i>Tingidae laporte</i> y <i>Tingidae</i> sp.)	Desarrollo vegetativo, floración, formación y llenado de vainas	Hojas (envés)	R4421M0000022	8
Picudo ( <i>Naupactus</i> sp.) Crisomélido ( <i>Diphaulaca</i> raft) Chinche del frijol ( <i>Neomegalotomus parvus</i> ) Avispa conchajón o boca pabajo ( <i>Polybia</i> sp.) Chinche patón ( <i>Leptoglossus zonatus</i> )	Desarrollo vegetativo, floración, formación y llenado de vainas	Hojas (haz y envés) y vainas	R3921M0000186	9

(Continúa)

(Continuación)

Nombre de la plaga o patógeno encontrado	Estado fenológico de la planta en el que se observó	Órgano a observar para evaluación	N° de reporte de diagnóstico fitosanitario ICA	N° anexo
Mosca blanca ( <i>Bemisia raft</i> )*	Desarrollo vegetativo	Hojas (envés)	R5423M0000001	10
Marchitamiento ( <i>Fusarium</i> sp.)* Podredumbre carbonosa ( <i>Macrophomina</i> sp.)* Podredumbre blanca ( <i>Sclerotium</i> sp.)	Desarrollo vegetativo, floración, formación y llenado de vainas	Raíces y tallos	R3921M0000309	11
Gorgojo de granos (Coleoptera: Curculionidae)	Formación y llenado de vainas	Grano	R3921M0000026 y complementario R3921M0000047	12
Depredador de gorgojos de granos ( <i>Cathartus quadricollis</i> ) Escarabajo micófago ( <i>Xenoscelinae</i> sp.) Escarabajo polífago ( <i>Anthicidae</i> sp.)	Pasada la cosecha	Vainas con granos pasados de cosecha en la planta	R3921M0000028	13
Muerte descendente por <i>Lasiodiplodia theobromae</i> Mancha foliar por <i>Cercospora</i>	Desarrollo vegetativo, floración, formación y llenado de vainas	Hojas	R4223M0000111 y R4223M0000112	14
Escamas (Hemiptera: Coccidae)	Desarrollo vegetativo, floración, formación y llenado de vainas	Hojas	R4223M00000116	15

(Continúa)

(Continuación)

Nombre de la plaga o patógeno encontrado	Estado fenológico de la planta en el que se observó	Órgano a observar para evaluación	N° de reporte de diagnóstico fitosanitario ICA	N° anexo
Crisomélidos ( <i>Omophoita albicollis</i> )	Desarrollo vegetativo	Hojas	R4223M00000115	16
Parasitoide de gorgojo de granos (Hymenoptera: Pteromalidae)	Cosecha	Granos afectados por gorgojo	R4223M00000114	17
Parasitoide de huevos de <i>Maruca</i> sp. (Hymenoptera: Platygasteridae: Scelioninae)	Desarrollo vegetativo	Hojas afectadas con posturas de <i>Maruca</i> sp.	R4223M00000113	18
Hongos en semillas causados por <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Trichothecium roseum</i>	Cosecha y poscosecha	Semillas con lesiones necróticas y crecimiento de micelio gris a negro sobre y alrededor del hilum	R4823M0000156	19

\*Plaga (patógeno de importancia económica)

Fuente: Elaboración propia

Con base en los elementos críticos destacados, especialmente para garantizar la producción de semillas de alta calidad de guandul, se ha elaborado un esquema que tiene en cuenta la fenología de un cultivo de guandul temprano. Este esquema se presenta como una herramienta para que los productores estén alerta durante las diferentes etapas fenológicas y puedan identificar posibles plagas de interés (figura 2). Además, en la tabla 18 se proporciona información sobre la epidemiología de algunas de las plagas limitantes o de importancia en la producción de semillas de guandul.

Tabla 18. Epidemiología de plagas frecuentes en el guandul en la zona Caribe

Modo de dispersión									
Patógenos/ Plagas	Riego	Lluvia	Viento	Semilla	Herramientas	Persona	Animal	Transporte	Otro
<i>Rhizoctonia</i> sp.	Sí	Sí		Sí	a		c	d	e
<i>Fusarium udum</i>	Sí	Sí		Sí	a		c	d	e
<i>Alternaria</i> sp.			Sí	Sí					e
<i>Uromyces cajani</i>		Sí	Sí		a	b			e
<i>Colletotrichum cajani</i>		Sí	Sí	Sí					e
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>Cajani</i>	Sí	Sí		Sí					e
<i>Meloidogyne incognita</i>	Sí		Sí				c	d	e
<i>Acanthoscelides</i> sp.				Sí					f

**a:** cualquier herramienta agrícola para manejo agronómico que entre en contacto con suelo infectado (azadón, pala, pica, palin, etc.)

**b:** transporte de las esporas o los insectos adheridos en la ropa después de estar en contacto con plantas con presencia de la enfermedad o el insecto plaga.

**c:** cualquier animal que entre en contacto con suelo infectado.

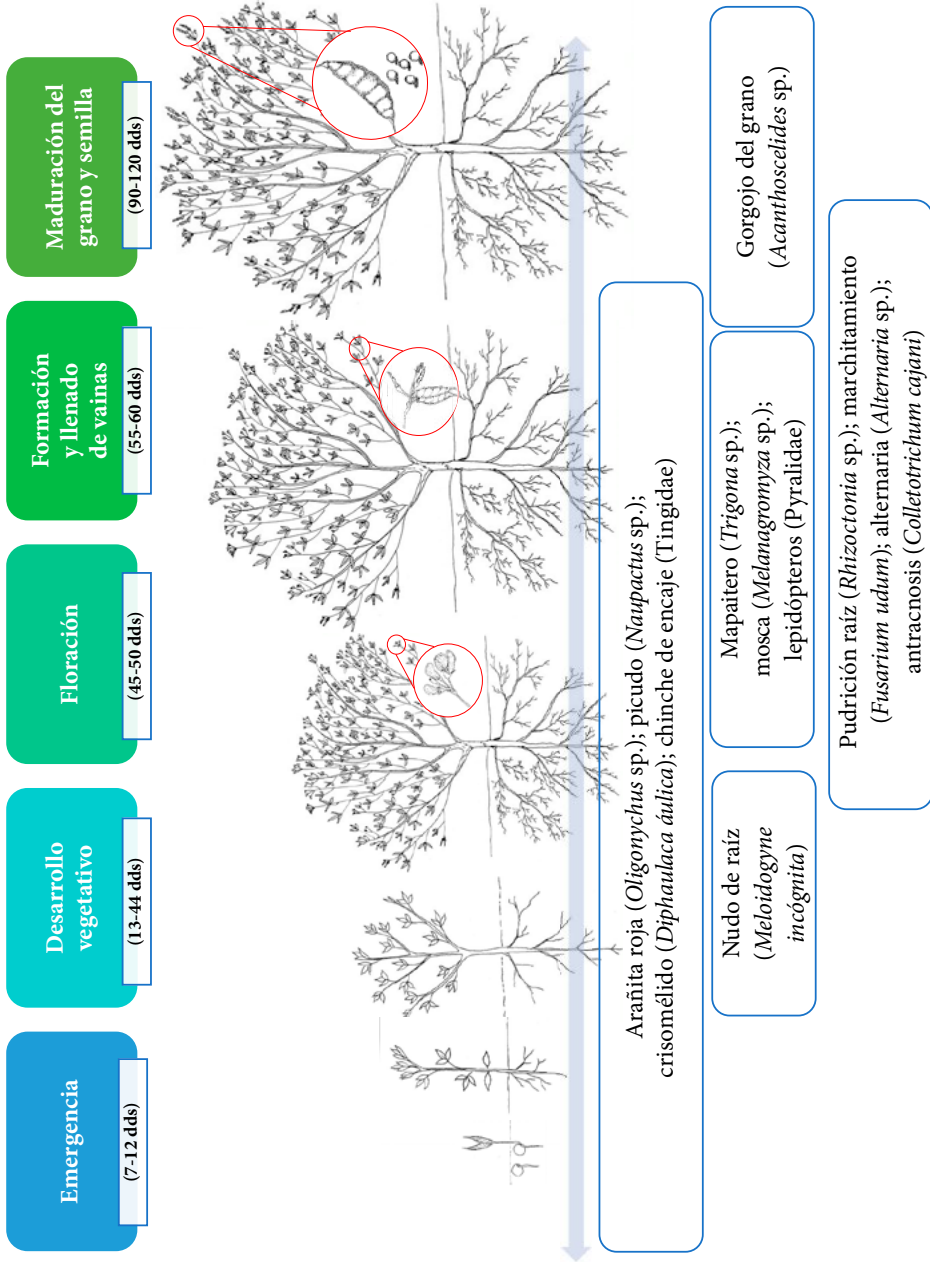
**d:** cualquier medio de transporte que entre en contacto con suelo infectado.

**e:** suelo infectado, residuos de cosecha infectadas.

**f:** vuelo, atracción por feromonas.

**Nota:** Con un Sí se indican los factores que favorecen la dispersión de los insectos plaga y patógenos.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.** Principales artrópodos plaga del guandul encontrados en el Caribe colombiano.

Fuente: Guzmán et al. (2022)  
Ilustraciones: Sheila Moreno Pérez

### 3.4.2. Pruebas analíticas para determinar la calidad sanitaria

*Prueba diagnóstica en laboratorio para la detección de hongos:* se basa en el aislamiento de hongos fitopatógenos a partir de tejido vegetal. Se lleva a cabo mediante la preparación de montajes temporales para microscopía de hongos, aislamiento e identificación de especies a partir de plantas con infecciones sistémicas o localizadas. Este proceso se realiza mediante morfometría y caracteres morfológicos del género, lo cual permite identificar el género del patógeno mediante el empleo de claves taxonómicas.

*Prueba diagnóstica en laboratorio para la detección de nematodos:* se basa en la disección del tejido sintomático que luego es observado en estereoscopio y microscopio. Esto se logra mediante el corte y la preparación del patrón perianal. La identificación se realiza a través de la observación de caracteres morfológicos y la clave pictórica y descriptiva de Eisenback et al. (1981).

*Prueba diagnóstica en laboratorio para la detección de insectos:* esta prueba involucra el montaje en seco de los especímenes en triángulos de papel con alfileres entomológicos. En el caso de los lepidópteros, los especímenes se examinan en seco utilizando un estereomicroscopio. Las alas se aclaran con hipoclorito de sodio al 5 % y se deshidratan en alcohol al 100 %. Finalmente, se montan en portaobjetos utilizando medio Euparal. La determinación taxonómica se realiza mediante la confirmación de caracteres diagnósticos específicos, los cuales varían según el espécimen que se esté identificando. Para el diagnóstico de insectos procedentes de cultivos de guandul, se utilizaron las claves indicadas en la tabla 19 como referencia.

**Tabla 19.** Claves guía para determinación taxonómica de insectos

Insecto	Clave
<i>Achanthoscelides</i> sp.	Kingsolver (2004); Yus et al. (2012)
<i>Trigona</i> sp.	Michener (2007); Nates (1990)
<i>Melanagromyza</i> sp.	Boucher (2010); Buck et al. (2009)
Lepidópteros de la familia Gracillariidae y Pyralidae	Davis & Robinson (1999); Munroe & Solís (1999)

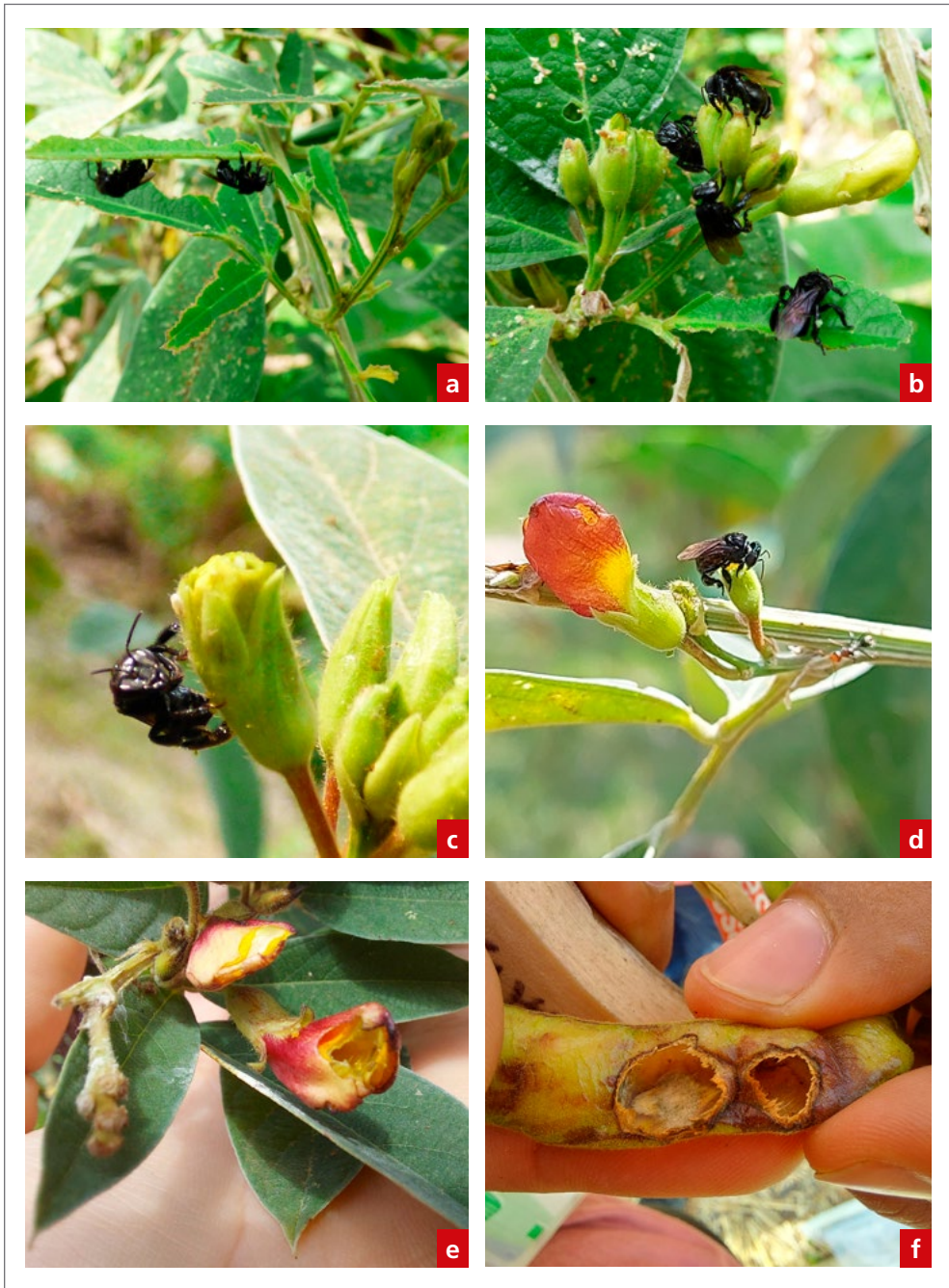
### 3.4.3. Prevención, control y contingencia de la calidad sanitaria

La mejor manera de prevenir un problema fitosanitario es mediante el conocimiento de la sintomatología expresada en el cultivo de interés y la identificación del agente causal. A continuación, se presentan fotografías que ilustran los síntomas observados en los cultivos de guandul monitoreados en el Caribe colombiano. Estos síntomas están relacionados con los daños provocados por las plagas y, en la mayoría de los casos, se ha logrado identificar taxonómicamente al agente causal gracias a la colaboración de laboratorios especializados. En primer lugar, se proporciona información sobre las plagas que se consideran limitantes para la producción de semillas de calidad. Luego, se profundiza en el estado fenológico del cultivo en el cual se debe realizar el monitoreo, las estrategias de manejo integrado para controlar la plaga y se incluye información sobre su biología, ecología y etiología.

#### a) El mapaitero *Trigona* sp. (Hymenoptera: Apidae)

*Estado fenológico de monitoreo:* el monitoreo de *Trigona* sp. debe realizarse durante las etapas de pre floración y floración debido a que es la etapa fenológica del cultivo de guandul en que las abejas son atraídas por el néctar y el polen. El daño causado por esta abeja se da porque consumen hojas tiernas (figura 3a), cortan brotes florales (figura 3b y 3c), consumen las flores abiertas (figura 3d y 3e) (lo cual daña el estigma y el ovario) y perforan las vainas tiernas (figura 3f), lo cual ocasiona una baja producción de frutos (Araúz et al., 2013).

*Biología, ecología y etiología:* es un tipo de abeja sin aguijón, los adultos miden de 5 a 6 mm, son de color negro y construyen nidos con resina de las plantas. Esta es obtenida cuando utilizan sus mandíbulas afiladas en hojas y flores, lo cual induce el mecanismo de defensa de la planta, que produce resinas, sustancias semicristalinas viscosas, pegajosas y aromáticas. Estos insectos también construyen túneles a través de las flores no abiertas para recoger el néctar y frustran así la normal polinización y la formación de frutos.



**Figura 3.** Adulto y daño del mapaitero (*Trigona* sp.) en guandul. a. Adultos de *Trigona* sp. alimentándose de hojas de guandul; b. Adultos de *Trigona* sp. alimentándose de botones florales y hojas de guandul; c. Adulto de *Trigona* sp. alimentándose de botones florales; d. Adulto de *Trigona* sp. alimentándose de botones florales; e. Daño de *Trigona* sp. en flores; f. Daño de *Trigona* sp. en vainas.

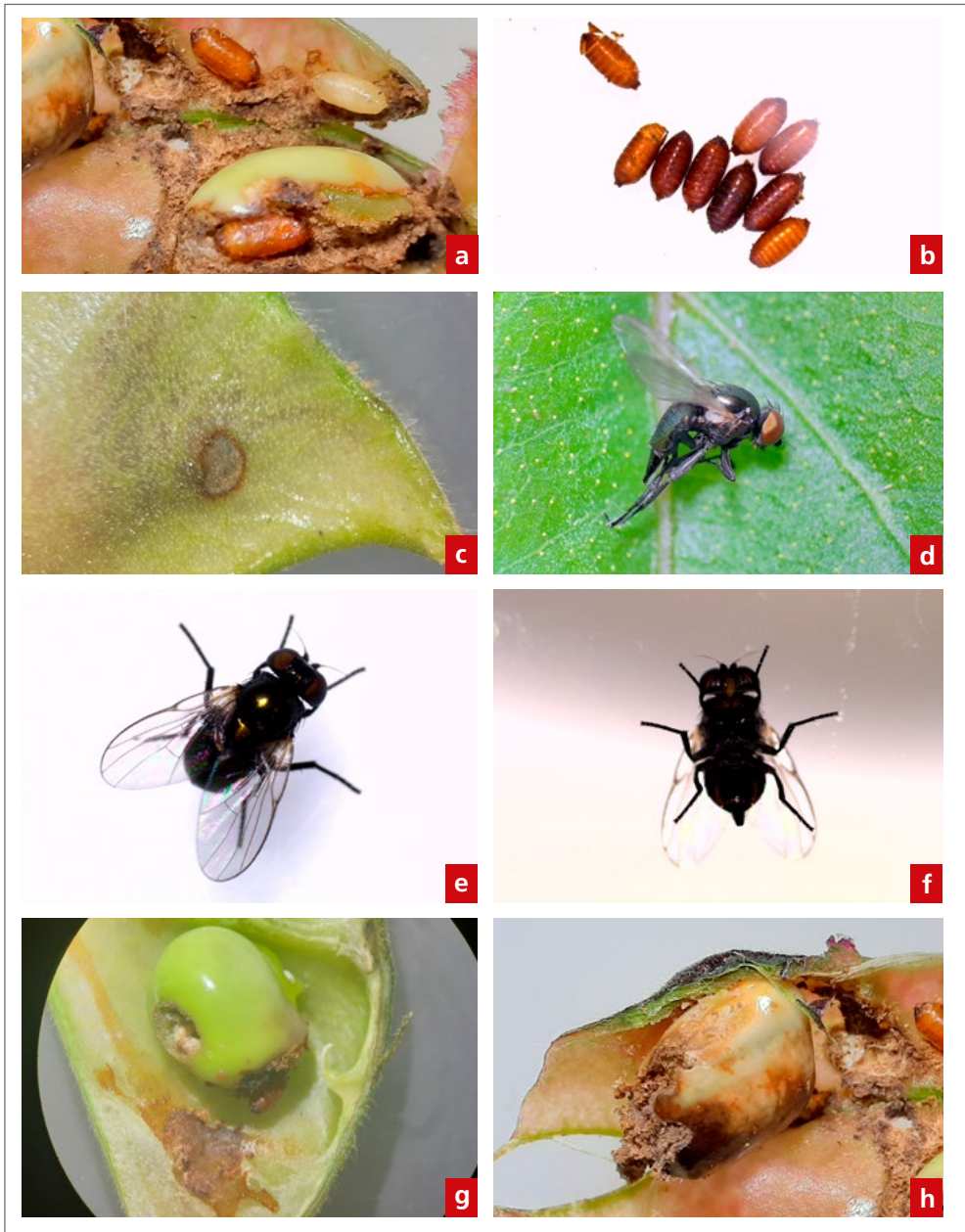
*Estrategias de manejo integrado:*

- Control cultural: este método implica evitar el cultivo conjunto con especies de cítricos (*Citrus* spp.), mango (*Mangifera indica*) y plantas de la familia Musaceae.
- Control mecánico: incluye la detección y eliminación de nidos de estos insectos. Sin embargo, se recomienda recurrir a este método solo cuando las poblaciones de estos insectos son muy altas, debido a su papel crucial como polinizadores en otros cultivos.
- Control etológico: se basa en la siembra de plantas nectaríferas, como la lantana (*Lantana* spp.), para atraer a estos insectos y desviar su atención de los cultivos.

**b) La mosca asiática del guandul *Melanagromyza* sp.  
(Diptera: Agromyzidae)**

*Estado fenológico de monitoreo:* debe realizarse durante las etapas de floración y formación y llenado de vainas debido a que sus poblaciones tienden a aumentar en estas fases del cultivo (Guzmán et al., 2018). El daño lo hace la larva (figura 4a), que al minar el grano tierno (figura 4g y 4h) para alimentarse, causa un efecto directo sobre la semilla debido a que la deja inservible. Se han registrado pérdidas de hasta el 87 % en la India; una situación similar se ha registrado en Vietnam, con porcentajes entre un 88 y 99 %, y en Puerto Rico, con un 70 % (Abreu et al., 2003; Araúz et al., 2013; Cedano, 2006; EPPO, 2011; Guzmán et al., 2018; Ranga & Shanower, 1999). Las larvas jóvenes minan el grano y la larva madura emerge cuando el grano está desarrollado (Araúz et al., 2013). Antes de pasar al estado de pupa, la larva completamente desarrollada se desplaza hacia la parte externa del grano y consume parcialmente las paredes de la vaina formando una especie de ventana (figura 4c) que facilita la emergencia de la mosca (figuras 4d, 4e y 4f) cuando esta eclosiona de la pupa (figura 4b), como lo indicó Cedano (2006).

*Biología, ecología y etiología:* entre los hospedantes alternos de *Melanagromyza* sp. Se encuentran las especies leguminosas *Rhincosia minima* y *Flemingia macrophylla* (Guzmán et al., 2018).



**Figura 4.** Larvas, pupa, adulto y daños ocasionados por *Melanagromyza* sp. en guandul. a. Larva de *Melanagromyza* sp. y daño en vainas de guandul; b. Pupas de *Melanagromyza* sp. en laboratorio observadas en estereoscopio; c. Ventana de salida del adulto de la vaina en laboratorio observada en estereoscopio; d. Hembra de *Melanagromyza* sp. en vista lateral; e. Macho de *Melanagromyza* sp. en vista dorsal; f. Hembra de *Melanagromyza* sp., en vista ventral; g. Daño en el grano ocasionado por larva de *Melanagromyza* sp.; h. Daño generado por la larva en el grano.

(Fotos 4a, 4c y 4f: Erika Johana Arango Duque)

### *Estrategias de manejo integrado:*

- **Control biológico:** por medio del parasitoidismo natural con *Omyrus* sp. (parasita larvas y pupas), *Pediobus cajanus* (parasita pupas) y *Bracon* sp. (parasita larvas y pupas).
- **Control etológico:** a través del monitoreo de poblaciones de *Melanagromyza* sp. Con trampas adhesivas amarillas.
- **Control químico curativo:** mediante la aplicación de insecticidas a base de thiamethoxam, dimetoato, cipermetrina + cimetoato e imidacloprid.

### c) Complejo de lepidópteros de las familias (Pyralidae: Noctuidae)

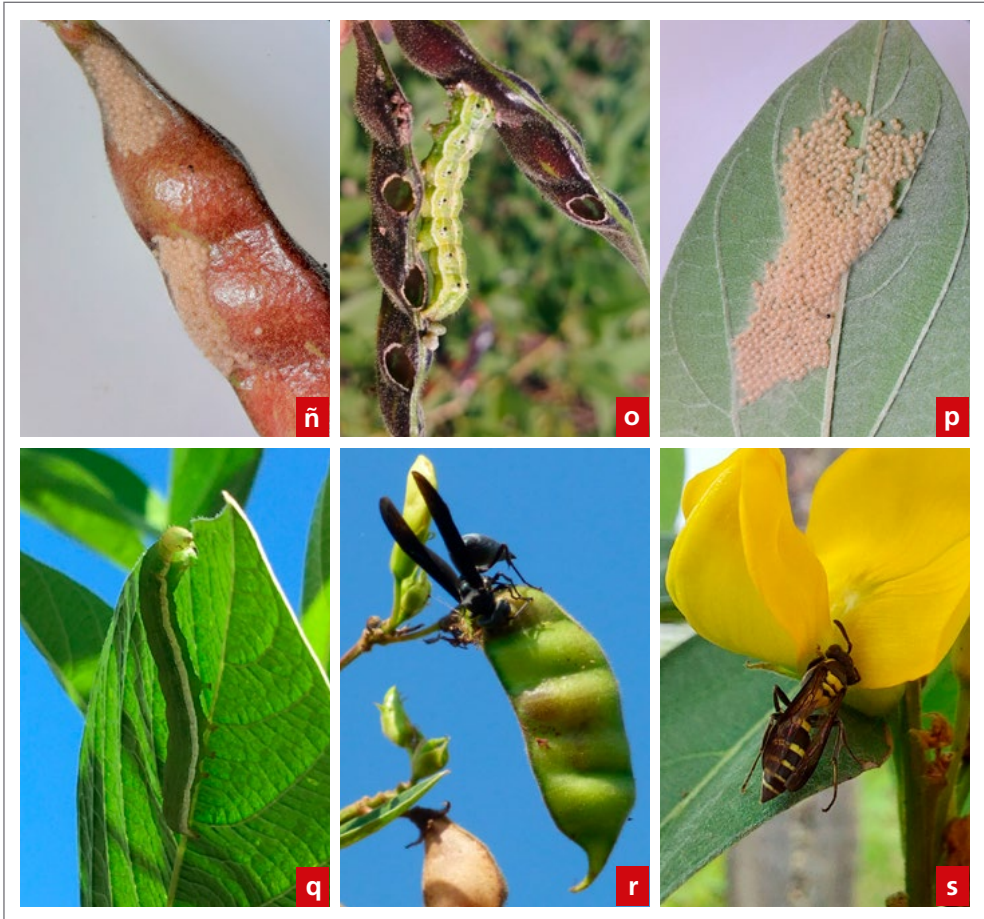
*Estado fenológico de monitoreo:* el monitoreo de este complejo de lepidópteros debe realizarse durante las etapas de floración y formación, así como durante el llenado de la vaina, ya que sus poblaciones tienden a aumentar en estas fases del cultivo. Entre los lepidópteros más comunes de la región Caribe, destaca una especie de la familia Pyralidae (figuras 5i y 5j) que deposita los huevos (figura 5a). Cuando las larvas eclosionan (figura 5b), penetran las estructuras de la planta para alimentarse (figura 5f). Si esto ocurre en la vaina, el punto de entrada cicatriza rápidamente y no es fácilmente detectable. Por lo general, la larva no abandona la vaina hasta que está lista para pupar (figura 5h). En muchas ocasiones, la pupa se forma dentro de la vaina, y causa daños significativos en los granos (figura 5g). Este insecto es más abundante cuando las vainas están formadas y maduras (Cedano, 2006). La otra especie de lepidóptero pertenece a la familia Noctuidae; el adulto es de hábito nocturno (figuras 5l y 5n) y deposita sus huevos en botones florales, hojas (figura 5r) y vainas (figura 5ñ). La larva penetra la vaina para alimentarse y sale varias veces (figuras 5k, 5m y 5q) dejando agujeros visibles. En ocasiones, la larva puede permanecer parcialmente fuera de la vaina (figura 5m).

*Biología, ecología y etiología:* el complejo de lepidópteros es de gran importancia en el cultivo de guandul, ya que puede reducir los rendimientos. Estos insectos se desarrollan a lo largo de las fases de floración y fructificación, razón por la cual tienen un impacto negativo en la producción final de semilla (Cedano, 2006).



(Continúa Figura 5)

(Continuación Figura 5)



(Fotos 5c, 5d, 5e, 5h, 5i, 5n: Erika Johana Arango Duque)

**Figura 5.** Complejo de lepidópteros en guandul, depredadores y parasitoides. a. Posturas del barrenador de las vainas del guandul (*Maruca* sp.); b. Eclósión de larvas del barrenador de las vainas del guandul (*Maruca* sp.); c. Parasitoide de posturas del barrenador de las vainas (*Maruca* sp.) sobre el envés de la hoja; d. Adulto de parasitoide del barrenador de las vainas (*Maruca* sp.) en vista dorsal; e. Adulto de parasitoide del barrenador de las vainas (*Maruca* sp.) en vista ventral; f. Daños de larvas del barrenador de las vainas (*Maruca* sp.) en primeros instares; g. Larva en instar juvenil del barrenador de las vainas (*Maruca* sp.) consumiendo las vainas; h. Capullo y pupa del barrenador de las vainas (*Maruca* sp.); i. Adulto del barrenador de las vainas (*Maruca* sp.) obtenido en laboratorio con observación al estereoscopio; j. Adulto lepidóptero de la familia Pyralidae; k. Larva de gusano bellotero (*Heliothis* sp.), consumiendo vainas de guandul; l. Adulto de *Heliothis* sp. Obtenido en laboratorio; m. Larva de *Helicoverpa* sp. con coloraciones oscuras; n. Pupa eclosionada; ñ. Posturas de lepidóptero sobre la vaina de guandul; o. Detalle del daño de la larva en las vainas de guandul; p. Posturas de lepidóptero sobre el envés de la hoja; q. Gusano medidor consumiendo hojas de guandul; r. Depredador (*Polybia* sp.) en vainas tiernas consumiendo larva de lepidóptero; s. Depredador (*Polybia* sp.) en vista dorsal sobre una flor de guandul buscando presas.

### *Estrategias de manejo integrado:*

- **Control cultural:** por medio de un manejo oportuno de malezas y una adecuada preparación del suelo para exponer las pupas a los agentes bióticos y abióticos.
- **Control químico curativo:** por medio de aplicaciones a base de cipermetrina.
- **Control biológico:** con especies de las familias Vespidae y Reduviidae y arañas de las familias Lycosidae y Salticidae, las cuales son depredadores de larvas. Además, se utilizan entomopatógenos de larvas como *Bacillus thuringiensis* y *Nomuraea rileyi*, así como parasitoides de huevos como *Trichogramma* spp. También se pueden utilizar parasitoides de larvas como *Archytas* spp., *Eucelatoria heliothis*, *Cardiochiles nigriceps*, *Euplectrus* sp. y *Ophion* sp. Además, se encontraron los parasitoides de las figuras 5c, 5d y 5e, que fueron enviados al laboratorio del ICA y están pendientes de confirmación. También se pueden emplear depredadores de huevos y larvas como *Coleomegilla maculata*, *Cycloneda sanguinea*, *Hippodamia convergens*, *Orius* sp., *Geocoris* sp., *Nabis* sp., *Chrysopa* sp., y *Polybia* sp. (figura 5r y 5s).

### d) El gorgojo del grano *Acanthoscelides* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae)

*Estado fenológico de monitoreo:* el monitoreo se realiza durante las etapas de maduración de vainas en campo (figura 6f) y en almacenamiento debido a que son momentos en los que la semilla tiende a ser afectada por el insecto (Vélez, 1997). El daño producido por *Acanthoscelides* sp. es ocasionado por las larvas de primer estadio (figura 6a), que perforan los granos y sellan la herida producida. Estas larvas completan todo su ciclo de desarrollo dentro del grano alimentándose de los cotiledones. Antes de pupar (figura 6b), la larva crea una marca circular en el tegumento del grano. El adulto, al emerger, genera un agujero redondeado (figura 6c) de aproximadamente 2 mm de diámetro a través del cual se libera (figuras 6d y 6e). Vélez (1997) sostiene que los adultos de este gorgojo pueden depositar sus huevos dentro de las vainas maduras o próximas a secarse en campo y en los granos secos almacenados. Los huevos son ovipositados libremente entre los granos y, posteriormente, las larvas los perforan, lo cual resulta en una pérdida de peso y una contaminación con los cuerpos muertos de los insectos, sus deyecciones y huevos, lo que hace que los granos sean inadecuados para el consumo humano, animal y como semilla. En el caso del frijol caupí, se han registrado pérdidas hasta del 69 %.

*Biología, ecología y etiología:* el gorgojo de los frijoles es el problema más limitante durante el almacenamiento. Es común encontrarlo en bodegas, almacenes y mercados. Esta especie es de origen sudamericano, pero se ha distribuido con gran rapidez en el mundo mediante semillas de frijoles y otras leguminosas (Vélez, 1997). La dispersión de *Acanthoscelides* sp. es llevada a cabo por adultos que pueden realizar migraciones de hasta 100 m hacia las plantas de frijol que tienen vainas maduras. Las hembras responden a una feromona sexual producida por el macho para llevar a cabo este proceso. Entre los hospedantes alternos de *Acanthoscelides* sp. se encuentran los frijoles del género *Phaseolus* spp. y *Vigna* spp., el haba (*Vicia faba*), el garbanzo (*Cicer arietinum*) y otras leguminosas como los dólicos (*Dolichos* sp.), el lupino amarillo (*Lupinus* sp.), el doncenón (*Lathyrus odoratus*) y *Albizia* sp. (Vélez, 1997).

*Estrategias de manejo integrado:*

**Control cultural:** se lleva a cabo seleccionando los granos de mejor calidad para su almacenamiento, destruyendo socas o residuos de plantas después de la cosecha, limpiando los lugares de almacenamiento, previniendo que la humedad de los granos supere el 12 % y evitando el almacenamiento por más de dos años.

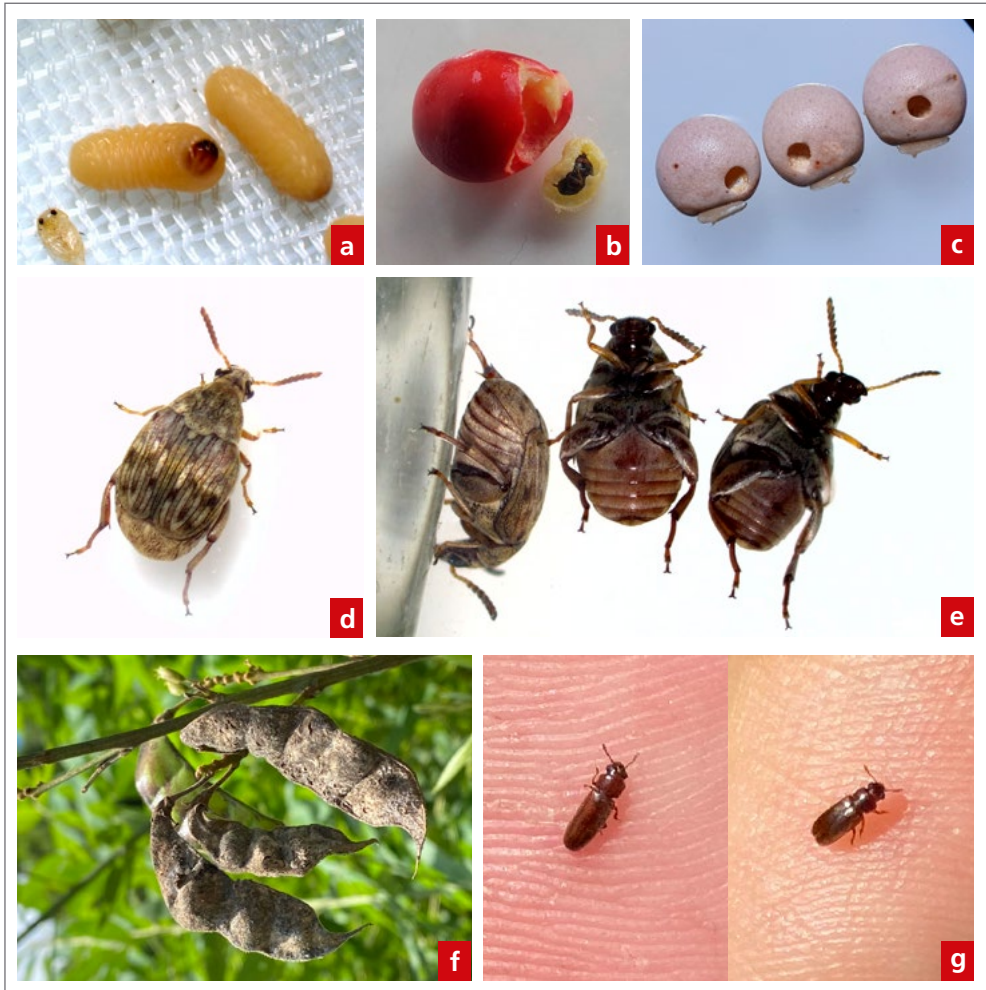
**Control biológico:** se usan enemigos naturales como el depredador de gorgojos de granos (*Cathartus quadricollis*), el cual se encontró en estado natural en el cultivo en vainas pasadas de cosecha (figura 6f). A continuación, se nombran algunos de los enemigos naturales empleados para el control biológico.

Parasitoides de huevos: *Lathromeris bruchocida* y *Uscana semifumipennis*

Parasitoides de larvas: *Microbracon vestitica* y *Triaspis thoracicus*

Parasitoide de adultos: *Neoaplectana carpocapsae*

Entomopatógeno de adulto: *Beauveria bassiana*



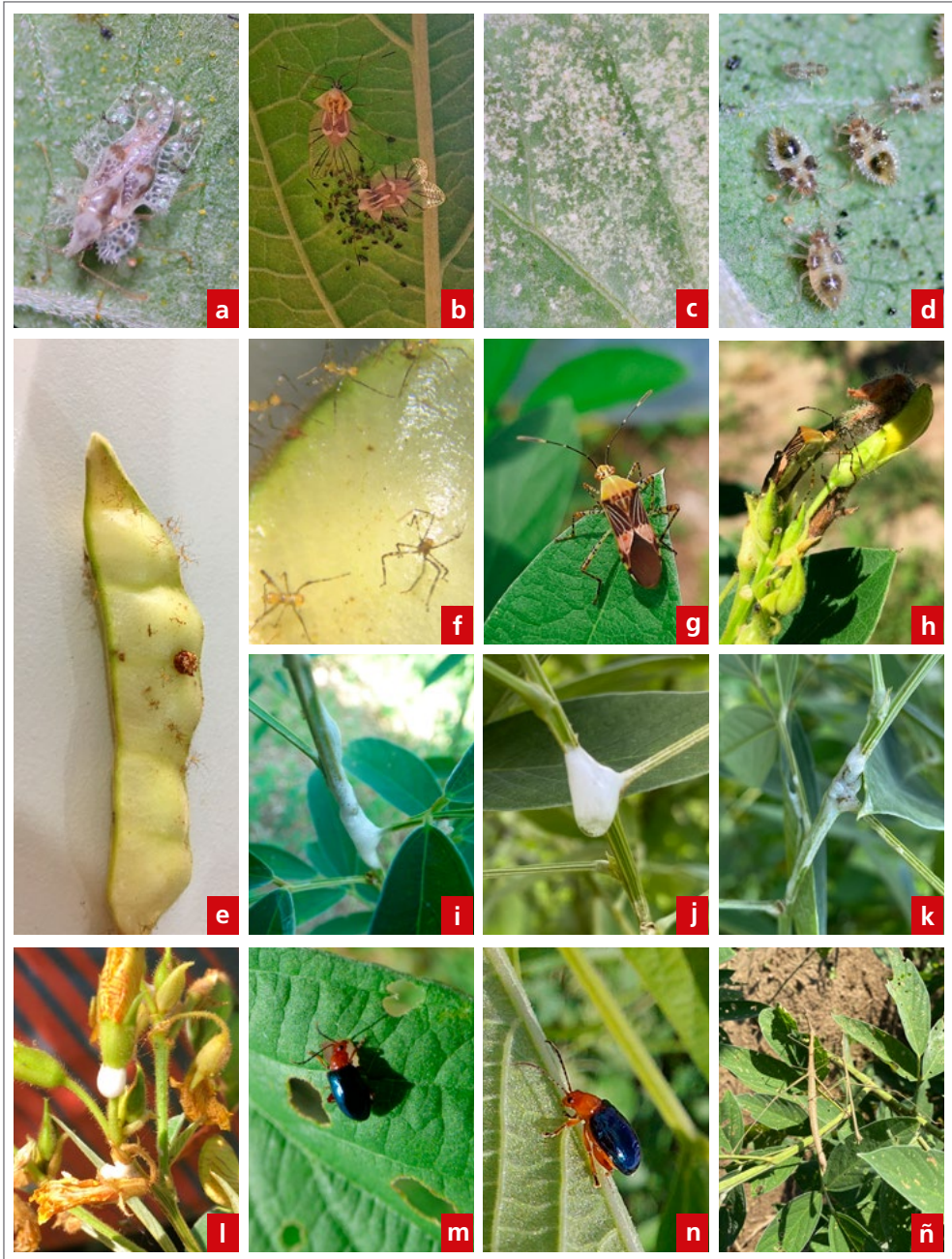
**Figura 6.** Gorgojo que afecta durante la poscosecha del guandul. a. Larva de gorgojo (*Acanthoscelides* sp.) vista lateralmente en una prepupa obtenida en el laboratorio de granos de guandul; b. Pupa de gorgojo (*Acanthoscelides* sp.) descubierta al realizar prueba de viabilidad con tinción de tetrazolio a las semillas de guandul; c. Daño generado por la larva (*Acanthoscelides* sp.) y sintomatología después de que el adulto deja el grano de guandul; d. Adulto de gorgojo (*Acanthoscelides* sp.) observado al estereoscopio en el laboratorio en vista dorsal; e. Adulto de gorgojo (*Acanthoscelides* sp.) observado al estereoscopio en laboratorio en vista ventral y lateral; f. Detalle de vainas pasadas de cosecha con pérdida de la cosecha; g. Detalle del gorgojo depredador (*Cathartus quadricollis*).

(Fotos 6a, 6d, 6e: Erika Johana Arango Duque)

### e) Plagas asociadas al guandul de menor importancia

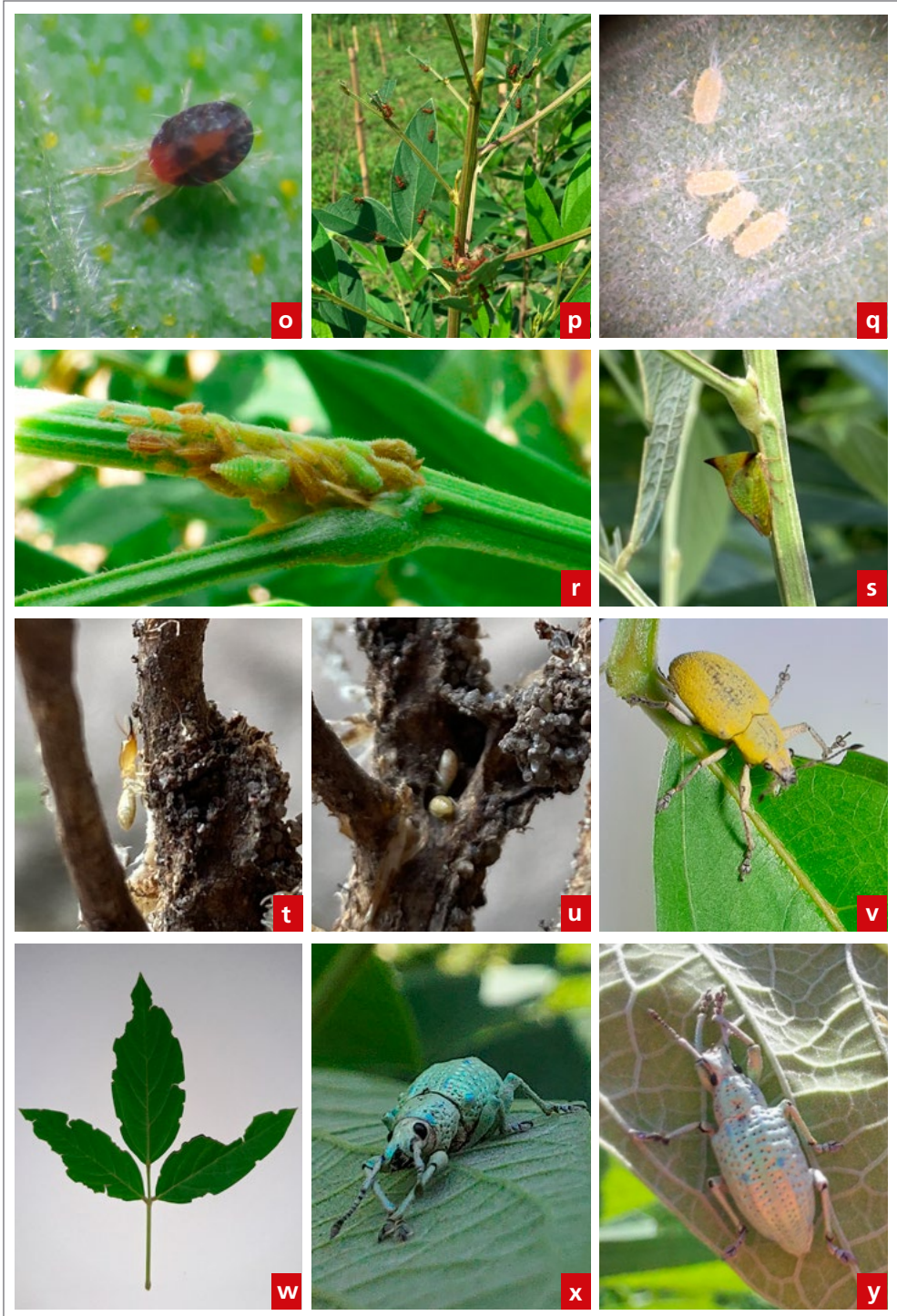
En la figura 7 se muestran fotografías de diferentes individuos plaga que causan daños en el cultivo de guandul, pero se consideran de menor importancia económica. Es decir, no son limitantes para la producción de semilla, por lo que solo se mencionan

brevemente. Se espera que en una próxima edición del libro se pueda profundizar en aspectos como el estado fenológico del cultivo en el que se debe realizar el monitoreo, las estrategias de manejo integrado para esas plagas, así como su biología, ecología y etiología, como se ha hecho en las secciones anteriores.



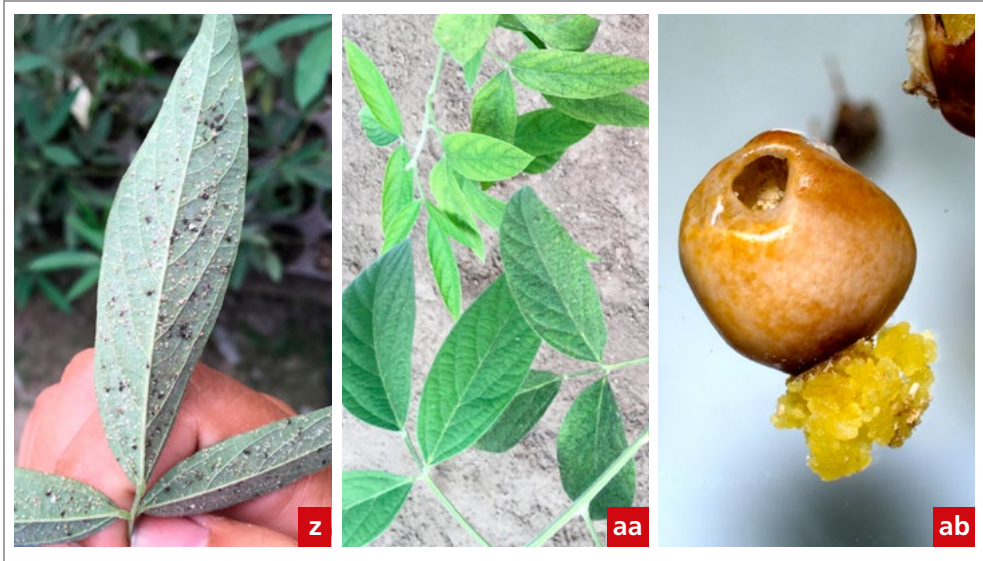
(Continúa Figura 7)

(Continuación Figura 7)



(Continúa Figura 7)

(Continuación Figura 7)



(Foto 7a,b: Erika Johana Arango Duque)

**Figura 7.** Plagas asociadas al guandul de menor importancia económica. a. Adulto de chinche de encaje (*Tingidae* sp.); b. Adulto y estados inmaduros de chinche de encaje (*Tingidae* sp.); c. Daño de chinche de encaje identificado en hojas de guandul; d. Ninfas de chinche (*Tingidae* sp.) debajo de una hoja de guandul; e. Daño y posturas de chinche de la familia Pyrrhocoridae sobre vaina de guandul en campo; f. Detalle de inmaduros del chinche de la familia Pyrrhocoridae en guandul bajo el estereoscopio en laboratorio; g. Vista dorsal de adultos chinche de la familia Pyrrhocoridae alimentándose de flores; h. Vista lateral de adultos chinche de la familia Pyrrhocoridae alimentándose de flores; i. Colonia de salivazos alimentándose de tallos de guandul; j. Detalle de la sintomatología de la presencia de los salivazos en forma de gota colgante en guandul; k. Detalle de inmaduros de salivazos sobre rama de guandul; l. Salivazos sobre los receptáculos de las flores de guandul; m. Daño en hojas ocasionado por adulto *Diphaulaca raft* en vista dorsal; n. Adulto de *Diphaulaca raft* en vista lateral; ñ. Insectos palos gigantes alimentándose del follaje de guandul; o. Arañita roja (*Oligonychus* sp.) alimentándose de hojas de guandul; p. Hormiga arriera (*Atta* sp.) defoliando al guandul; q. Inmaduros de *Ferrisia* sp. alimentándose de hojas de guandul; r. Chupadores inmaduros de la familia Membracidae alimentándose de ramas tiernas de guandul; s. Adulto chupador de la familia Membracidae posado sobre rama de guandul; t. Termita (*Heterotermes* sp.) en raíz de guandul; u. Detalle de las galerías generadas por termitas (*Heterotermes* sp.) en raíces de guandul; v. Adulto de picudo (*Naupactus* sp.); w. Daño ocasionado por el picudo (*Naupactus* sp.) en hojas de guandul; x. Picudo color verde metalizado en el envés hoja de guandul; y. Picudo color verde claro en el envés de la hoja de guandul; z. Inmaduros de mosca blanca (*Bemisia raft*) en el envés de hojas de guandul; aa. Manchas ocasionadas por *Fumagina* sp. en el haz de hojas de guandul como síntoma asociado a la presencia de mosca blanca (*Bemisia raft*); ab. Detalle del daño de barrenador o gorgojo de granos almacenados de guandul.

## f) Enfermedades del guandul de importancia económica

### **Pudrición seca de la raíz (*Rhizoctonia* sp.)**

*Estado fenológico de monitoreo y sintomatología:* Reddy et al. (1993) indican que el monitoreo debe realizarse durante la etapa reproductiva (floración y formación de vainas) debido a la alta susceptibilidad que exhibe el cultivo a la enfermedad durante esta etapa. Los síntomas característicos son:

- a) Pudrición de la raíz, especialmente en las raíces más finas que presentan rayas oscuras debajo de su corteza con evidente presencia de cuerpos escleróticos oscuros.
- b) En condiciones cálidas y húmedas, la pudrición de la raíz puede extenderse hasta la base del tallo.
- c) Aparecen lesiones en forma de huso con centros de color gris claro y márgenes marrones en tallos y ramas.
- d) Estas lesiones pueden unirse y provocar el secado y la muerte de las ramas o incluso de la planta entera, lo cual produce un secamiento repentino y prematuro de las plantas infectadas.

*Biología, ecología y etiología:* la enfermedad es transmitida a través de la semilla y la mayor susceptibilidad se observa durante la etapa reproductiva de la planta (Reddy et al., 1993). *Rhizoctonia* spp. es un hongo que se encuentra de forma natural en el suelo y puede estar presente en forma de micelio latente. Este patógeno se caracteriza por poseer hifas septadas cuando se observa al microscopio. Además, produce estructuras de consistencia dura y de color marrón oscuro llamadas esclerocios las cuales le permiten sobrevivir en el suelo o infectar tejido vegetal durante años. Estos esclerocios se convierten en una fuente de inóculo. Cuando las condiciones de temperatura y humedad son adecuadas para el desarrollo del hongo, este ataca el tallo de la planta a nivel del suelo y forma chancros hundidos que limitan el movimiento de agua y nutrientes a través del xilema, lo que a su vez provoca la defoliación prematura de la planta.

*Estrategias de manejo integrado:*

- **Control cultural:** seleccionando semillas de calidad provenientes de cultivos saludables, evitando lesiones que pueden provocar heridas abiertas que sirven como vías de acceso para *Rhizoctonia* spp., eliminar las plantas enfermas y residuos de plantas del área de cultivo.
- **Control químico:** aplicando benomil.

**Marchitamiento por *Fusarium udum***

*Estado fenológico de monitoreo y sintomatología:* el monitoreo se realiza durante los dos primeros meses después de la siembra, en las etapas de floración y formación de vainas, debido a la alta incidencia que se ha observado de la enfermedad en estas etapas de desarrollo del cultivo (EPPO, 2011; Kumar et al., 2016; Reddy et al., 1993). Según EPPO (2011), Kumar et al., (2016) y Reddy et al. (1993), los síntomas característicos son:

- a) Amarillamiento, que se manifiesta como una decoloración gradual que culmina con el secado de las hojas.
- b) Marchitamiento parcial de la planta y la presencia de una banda púrpura que se extiende hacia arriba desde la base del tallo principal. Además, se observa un ennegrecimiento del xilema, el cual es visible cuando el tallo principal o las ramas primarias se abren.
- c) La intensidad del ennegrecimiento disminuye desde la base hasta la punta de la planta y, en ocasiones, las ramas inferiores se secan incluso si no presentan la banda en el tallo principal.

*Biología, ecología y etiología:* Reddy et al. (1993) sostienen que puede ser transmitido a través de la semilla. La infección por *F. udum* inicia en el suelo o en restos de plantas de cosechas previas infectadas, donde permanece el inóculo en forma de micelio latente o con estructuras de resistencias conocidas como clamidosporas (Kumar et al., 2016). Una vez que existen las condiciones adecuadas para el desarrollo del hongo, este ataca las raíces del hospedero mediante la producción de unos tubos germinales que surgen de las esporas asexuales del hongo. Hay dos tipos de esporas: microconidias y macroconidias. Los tubos germinales penetran los tejidos vasculares del hospedero, lo que resulta en la infección y, como consecuencia, en el marchitamiento parcial o total de la planta.

### *Estrategias de manejo integrado:*

**Control cultural:** se lleva a cabo mediante diversas prácticas, que incluyen la selección de lotes donde no se hayan reportado casos de marchitamiento, la siembra intercalada de guandul con especies como el sorgo, el tabaco o el ricino cada 3 años. Además, se recomienda la rotación de cultivos durante un período de 3 a 5 años, ya que esto ayuda a reducir los niveles de inóculo del patógeno. También se puede considerar la solarización del campo como una medida adicional para reducir el inóculo del patógeno.

**Control biológico:** se lleva a cabo mediante la inoculación de semillas con *Bacillus subtilis* antes de la siembra y la inoculación de sustratos con *Trichoderma harzianum*.

**Control químico preventivo:** el tratamiento de semillas con carbendazim puede proporcionar protección en la etapa temprana del crecimiento de la planta. También se recomiendan aplicaciones de piraclostrobin + fipronil + metil tiofanato a dosis de 250 cm<sup>3</sup>/100 kg de semilla; fludioxonil a dosis de 1,5 cm<sup>3</sup>/kg de semilla y fludioxonil + mefenoxam a dosis de 1,0 cm<sup>3</sup>/kg de semilla o 1,0 l/ton de semilla.

**Control químico curativo:** con aplicaciones a base de flutriafol (dosis de 0,4 l/ha); azoxystrobin + difenoconazol + tiametoxam (dosis de 350 cm<sup>3</sup>/ha); iminoctadina (dosis de 150 g/ha); iprodiona + carbendazim (dosis de 1,5 l/ha); carbendazim + kresoxim metil + flutriafol (dosis de 1l/ha); carbendazim (dosis de 50 a 100g/200 l agua); azoxystrobin + tebuconazol + carbendazim (dosis de 1,25 a 1,5 l/ha); propiconazol (dosis de 500 cm<sup>3</sup>/ha); tebuconazol (dosis de 0,6 l/ha) y procloraz (dosis de 2,75 cm<sup>3</sup>/ 5 l de agua).

### **Antracnosis del guandul (*Colletotrichum cajani*)**

*Estado fenológico de monitoreo y sintomatología:* el monitoreo debe realizarse durante las etapas de floración y formación de vainas debido a la alta incidencia de la enfermedad en estas etapas de desarrollo del cultivo (Cedano, 2006). Cedano (2006) y Reddy et al. (1993) coinciden al indicar que los síntomas característicos de la antracnosis incluyen:

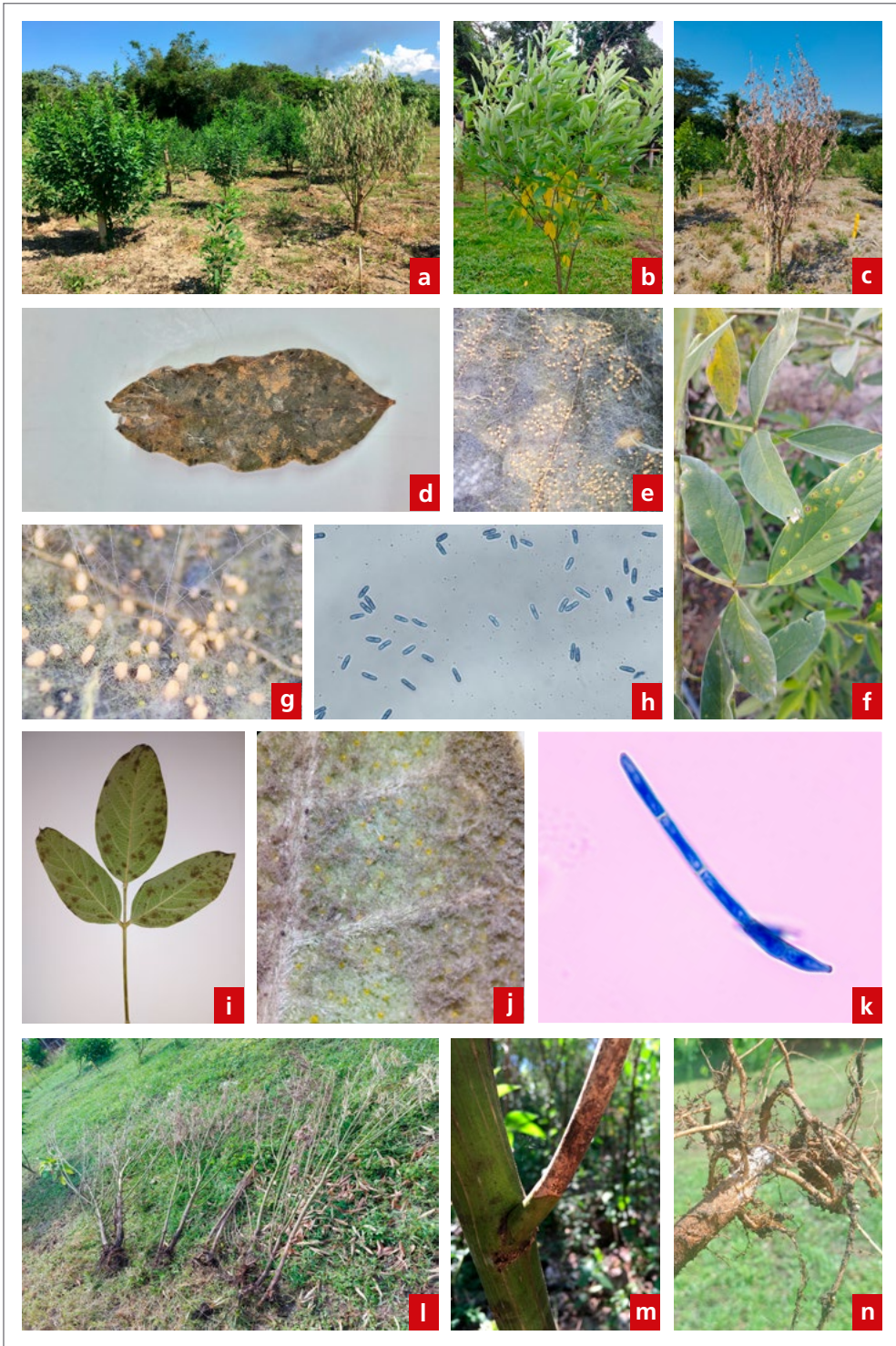
- a) Vainas con manchas irregulares, redondeadas, hundidas y de color marrón oscuro en los bordes que al unirse forman grandes manchas que abarcan la totalidad del tejido y afectan los granos.
- b) Si el hongo invade las plantas durante la floración, puede causar el aborto floral.
- c) Aparecen lesiones de color marrón a grisáceo en el tallo y las hojas.
- d) Las vainas jóvenes se deforman y arrugan y en la mayoría de los casos se secan y se desprenden si son afectadas antes de tener una pulgada de largo.

*Biología, ecología y etiología:* la antracnosis del guandul causada por *C. cajani* es una enfermedad que puede ser transmitida a través de la semilla. Esta enfermedad provoca pérdidas debido a la pudrición de las vainas y manchas en los granos, lo cual conduce al descarte de estos para la comercialización en verde y enlatado (Cedano, 2006).

*Estrategias de manejo integrado:*

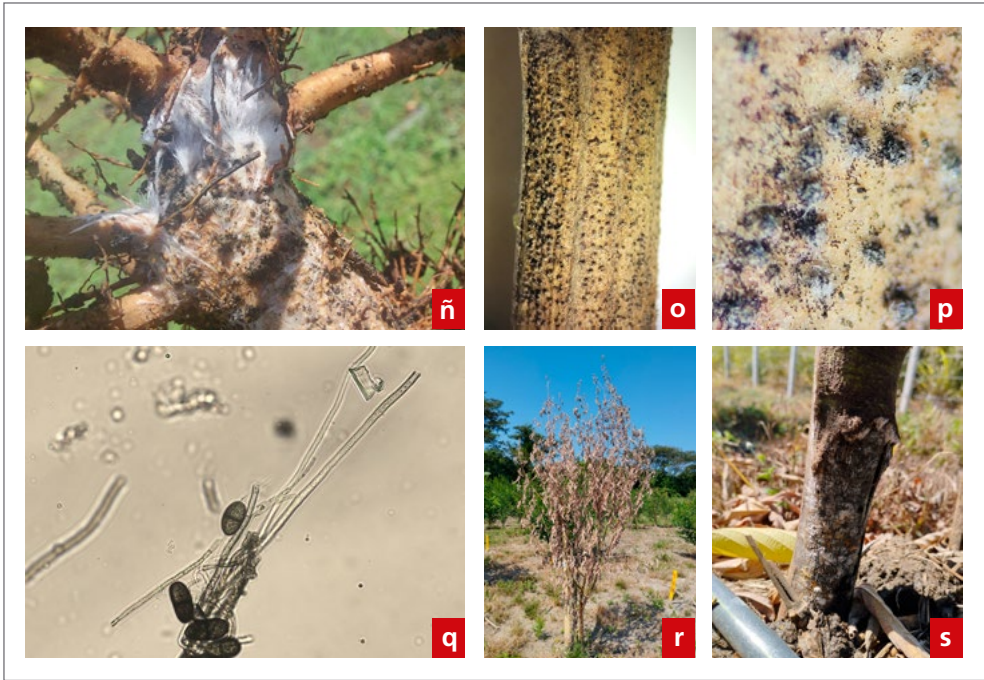
**Control cultural:** se lleva a cabo mediante la siembra de semillas de calidad provenientes de plantaciones sanas, la implementación de rotación de cultivos (por uno o dos años), la eliminación de residuos de plantas infectadas y la evitación de la siembra en lugares con presencia de la enfermedad.

**Control químico:** por medio de la aplicación de benomil (a dosis de 0,4 kg/ha); metiram + piraclostrobi (dosis 2,5 kg/ha); azoxystrobin (a dosis de 0,25 l/ha); fluoxastrobin (a dosis de 0,125 a 0,175 l/ha); epoxiconazol + piraclostrobin (a dosis de 0,5 cm<sup>3</sup>/l o 800-1.200 l/ha) y tebuconazol + procloraz-A (a dosis de 0,45 a 0,54 l/ha).



(Continúa Figura 8)

(Continuación Figura 8)

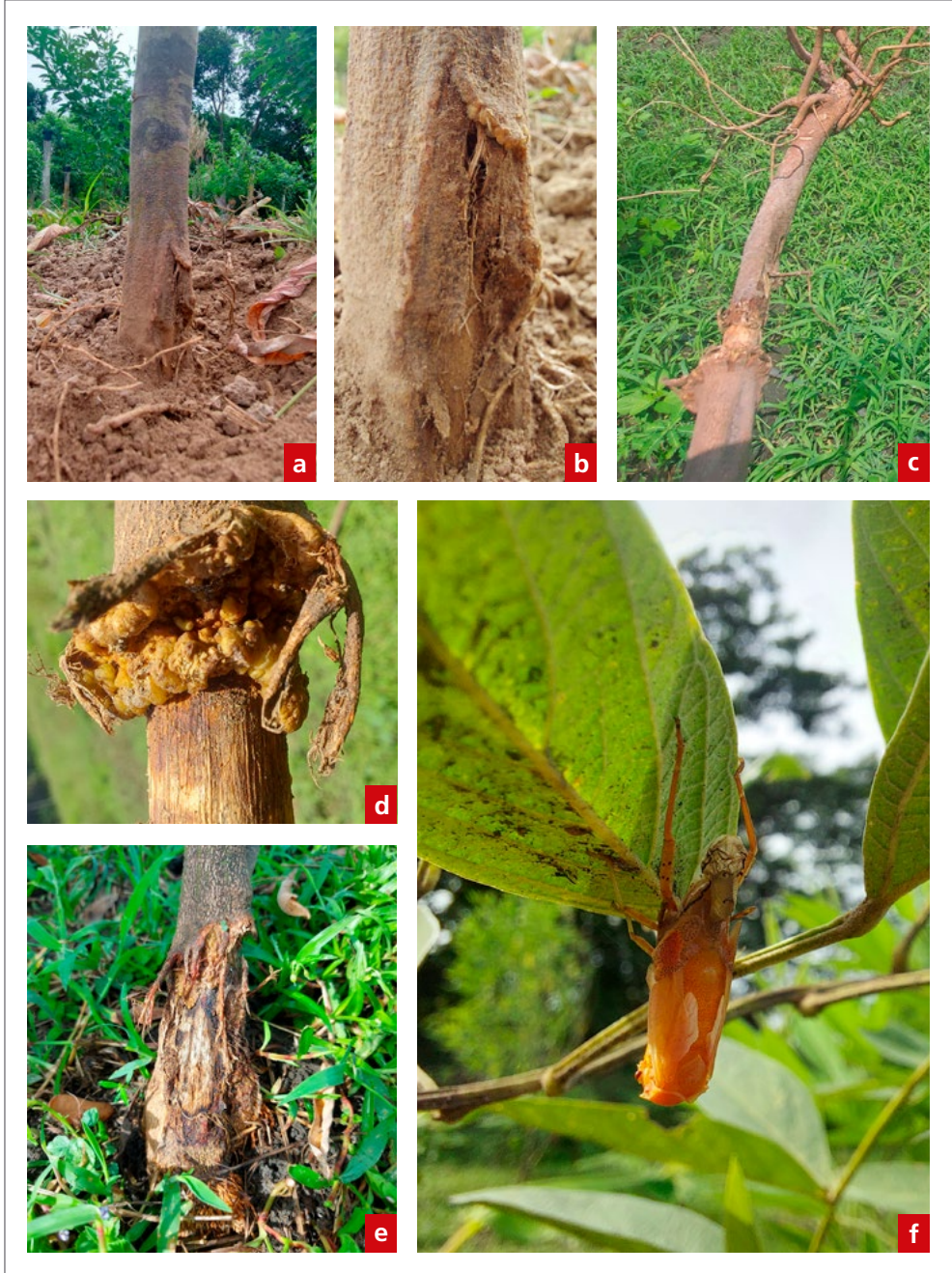


(Fotos 8d, 8e, 8f, 8g, 8i, 8j, 8k, 8o, 8p, 8q; Juan Nicolás Pastrana Sánchez)

**Figura 8.** Hongos patógenos en guandul causando marchitamientos y pudriciones en la raíz. a. Sintomatología de muerte por marchitamiento. A la izquierda hay una planta sana de guandul y a la derecha una planta marchita que en cinco días secó totalmente; b. Planta de guandul con síntomas iniciales de marchitamiento, las hojas bajas se amarillan y empiezan a caer; c. Planta con síntomas finales de marchitamiento y muerte de todas las estructuras, las hojas bajas se tornan café; d. Hoja de guandul en la que el haz presenta sintomatología de antracnosis (*Colletotrichum* sp.) sometida a cámara húmeda en laboratorio durante 4 días; e. Detalle del haz de una hoja de guandul afectada por antracnosis (*Colletotrichum* sp.); f. Detalle de la formación de acérvulos (estructura reproductiva asexual) a causa de antracnosis (*Colletotrichum* sp.) en el haz de las hojas; g. Conidias de *Colletotrichum* sp. contenidas en los acérvulos (teñidas con azul de lactofenol a 40X); h. Sintomatologías de mancha foliar por *Cercospora* sp.; i. Micelio de *Cercospora* sp. en el envés de la hoja; j. Detalle del micelio observado en estereoscopio; k. Conidia de *Cercospora* sp. resultante del aislamiento, tinción y montaje para observación en microscopio; l. Erradicación de plantas de guandul afectadas por marchitamiento. Se señalan *Macrophomina* sp., *Fusarium* sp., y *Sclerotium* sp. como agentes causales de los síntomas; m. Picnidios de *Lasiodiplodia* sp. en una rama de guandul afectada; n. Podredumbre blanca en raíz de planta muerta de guandul; ñ. Detalle del micelio blanco de color blanco en la raíz; o. Rama de guandul con muerte descendente por *Lasiodiplodia* sp., con detalle de los picnidios; p. Conidias saliendo de picnidios y formando “hilos” en rama de guandul con muerte descendente causada por *Lasiodiplodia* sp.; q. Conidias maduras (oscuras y septadas) observadas a 40X provenientes de rama de guandul con muerte descendente causada por *Lasiodiplodia* sp.; r. Muerte por marchitamiento de planta de guandul; s. Detalle de la planta marchita en la base del tallo y mildew de color blanco.

### g) Otras sintomatologías asociadas a enfermedades en guandul

En la figura 9 se muestran otras sintomatologías asociadas a enfermedades en guandul.



(Continúa Figura 9)

(Continuación Figura 9)



**Figura 9.** Patógenos encontrados en el Caribe colombiano causando enfermedades. a. Engrosamiento del tallo, llamado pie de elefante por los productores; b. Detalle del engrosamiento del tallo con lesiones en la corteza; c. Pudrición de la corteza de la base del tallo y muerte por marchitamiento; d. Detalle de la pudrición de la corteza y generación de estructuras rugosas en el tallo; e. Adelgazamiento de la corteza generado por el saltahojas según los productores; f. Saltamontes comedor de follaje de guandul realizando muda; g. Anormalidad de la base del tallo con engrosamiento; h. Engrosamiento de la base del tallo, adelgazamiento de la corteza y aparición de hongo color negro; i. Nodulación (*Rhizobium* sp.) en raíz de guandul; j. Nodulación (*Rhizobium* sp.) en raíz de guandul; k. Raíces de plantas afectadas por nemátodos (*Meloidogyne incognita*); l. Detalle de la malformación por agallas y nudos de la raíz debido a nemátodos (*Meloidogyne incognita*).

