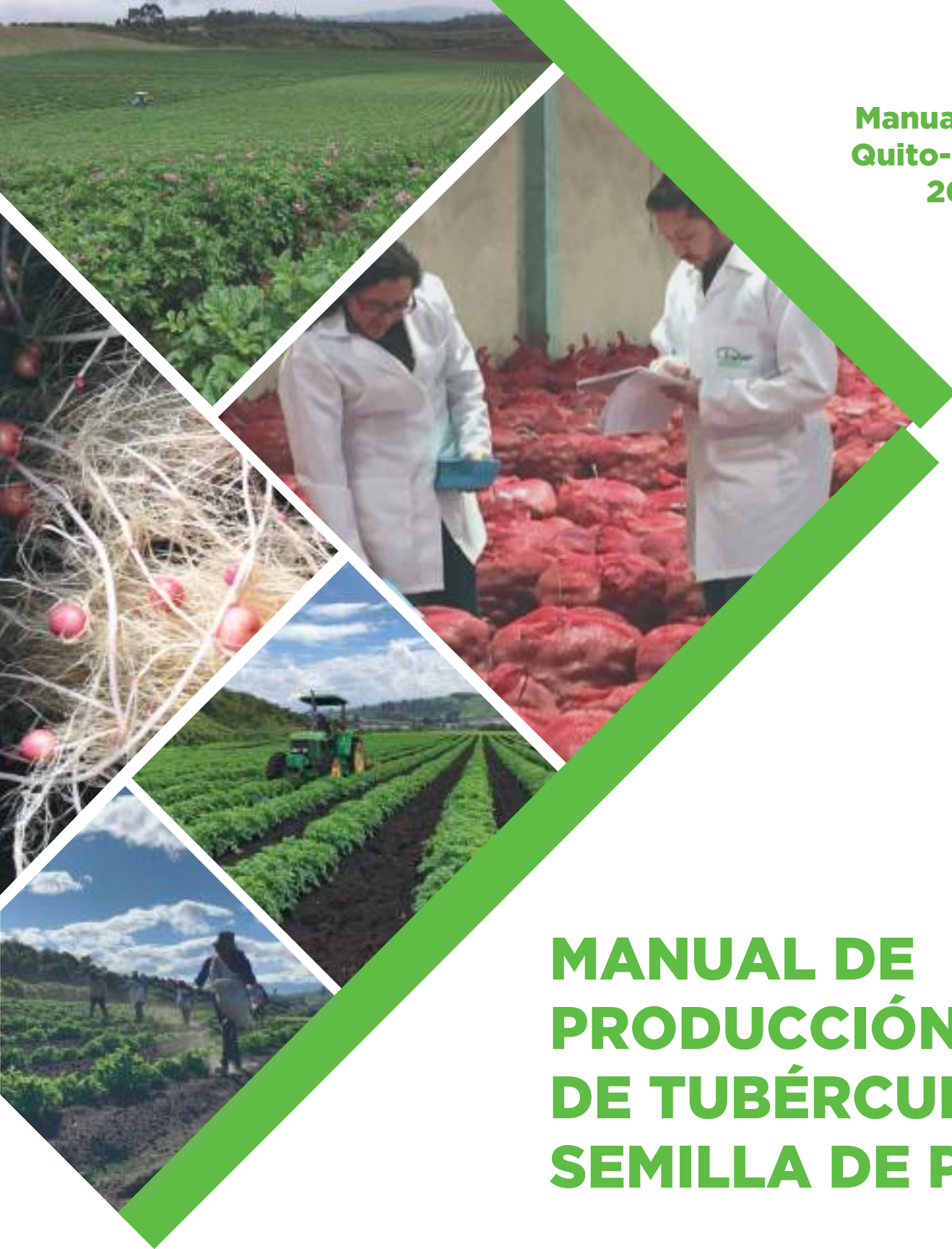


Manual n.º 124
Quito-Ecuador
2022



MANUAL DE PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO SEMILLA DE PAPA

**Instituto Nacional de Investigaciones
Agropecuarias**



**República
del Ecuador**



**Juntos
lo logramos**

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Guillermo Lasso Mendoza

MINISTRO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

Bernado Manzano

DIRECTOR EJECUTIVO DE INIAP

Walter Oswaldo Reyes Borja

AUTORES

José Sergio Velásquez Carrera
Marco Andrés Araujo Jaramillo
Verónica Andrade Estrada
Jorge Esteban Rivadeneira
Hugo Xavier Cuesta Subía
Marcelo Rafael Racines Jaramillo
Karla Ivonne Tinoco Salazar

FOTOGRAFÍA

José Velásquez
Andrés Araujo
Verónica Andrade
Ney Paula

ILUSTRACIONES

EESC-INIAP

DISEÑO

Unidad de Comunicación Social INIAP

ISBN

Código 978-9942-22-560-3

CITA DE ESTA PUBLICACIÓN

Velásquez, J., Araujo, A., Andrade, V., Rivadeneira, J., Cuesta, H., Racines, M., Tinoco, K., (2022). Manual de Producción de Tubérculo-Semilla de Papa. INIAP. Quito-Ecuador. 90 p.

REVISORES INTERNOS

José Luis Zambrano
María Luisa Insuasti
Diego Peñaherrera

REVISORES EXTERNOS

Jorge Andrade-Piedra (CIP-Perú)
Horacio Rodríguez (CIP-Ecuador)

Segunda Edición, 2022

© Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

Panamericana Sur Km 1, Cantón Mejía,
Provincia de Pichincha. Casilla: 17-01-340
Teléfono: (593) (02) 3076002
www.iniap.gob.ec

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los editores y se cite correctamente la fuente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA
PROHIBIDA SU VENTA

Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias



Juntos
lo logramos

ÍNDICE

I.	CAPÍTULO 1.....	10
1.1	Generalidades del cultivo e importancia de la semilla de papa.....	10
II.	CAPÍTULO 2.....	12
2.1	Producción de semillas.....	12
2.2	Atributos de calidad de semillas.....	12
2.2.1	Atributos de calidad genética.....	12
2.2.2	Atributos de calidad física.....	13
2.2.3	Atributos de calidad fisiológica.....	13
2.2.4	Atributos de calidad sanitaria.....	18
III.	CAPÍTULO 3	19
3.1	Certificación de semillas.....	19
3.2	Componentes de un sistema formal de producción de semillas.....	20
3.3	Control de generaciones.....	21
3.3.1	Semilla fitomejorador, genética o pre-básica.....	21
3.3.2	Semilla básica.....	21
3.3.3	Semilla registrada.....	21
3.3.4	Semilla certificada.....	21
3.4	Normas de certificación.....	21
3.5	Control externo de calidad y fiscalización.....	22
3.6	Procedimiento de registro para la certificación de la semilla de papa.....	23
3.7	Productores y/o comercializadores.....	23
3.8	Proceso de certificación.....	23
3.8.1	Inscripción del campo de multiplicación de semillas.....	23
3.8.2	Número de inspecciones.....	23
3.8.3	Control de calidad. Método de factores indexados.....	28
3.8.4	Emisión de marbetes.....	31
3.8.5	Marbetes.....	31
IV.	CAPÍTULO 4	32
4.1	Tecnología de producción de tubérculo-semilla de categorías iniciales en condiciones de invernadero.....	32
4.2	Tecnologías utilizadas para la multiplicación de tubérculo-semilla de papa en ambientes controlados.....	32
4.2.1	Cultivo de tejidos.....	33
4.2.2	Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH).....	36
4.2.3	Multiplicación y producción masiva de plantas (planta madre).....	38
4.2.4	Proceso de aeroponía.....	41
4.2.5	Proceso de hidroponía.....	43
V.	CAPÍTULO 5.....	47
5.1	Tecnología de producción de tubérculo-semilla en campo.....	47
5.1.1	Planificación.....	47
5.1.2	Acondicionamiento del material de siembra.....	48

5.1.3	Desinfección de semilla	49
5.1.4	Preparación de áreas y campos de multiplicación.....	49
5.1.5	Enmiendas, abonaduras y uso de trichodermas.....	50
5.1.6	Preparación del suelo y labranza.....	52
5.1.7	Siembra.....	54
5.1.8	Fertilización.....	56
5.1.9	Características generales de los suelos.....	57
5.1.10	Requerimientos nutricionales.....	57
5.1.11	Importancia de la aplicación de silicio.....	58
5.1.12	Prácticas culturales.....	58
5.1.13	Rascadillo.....	59
5.1.14	Fertilización complementaria y medio aporque.....	59
5.1.15	Aporque alto	60
5.1.16	Riego.....	60
5.1.17	Trampeo.....	60
5.1.18	Purificación del campo.....	61
VI.	CAPÍTULO 6.....	62
6.1	Plagas y enfermedades de la papa y su control	62
6.2	Insectos plaga.....	62
6.2.1	Polilla guatemalteca, polilla andina y polilla común de la papa (<i>Symmetrischema tangolias</i> , <i>Tecia solanivora</i> , <i>Phytorimaea operculella</i>).....	62
6.2.2	Pulgones o áfidos (<i>Myzus persicae</i> y <i>Macrosiphum euphorbiae</i>).....	63
6.2.3	Gusano blanco (<i>Premnotrypes vorax</i>).....	64
6.2.4	Psílido de la papa (<i>Bactericera cockerelli</i>).....	65
6.2.5	Pulguilla (<i>Epitrix tuberis</i>).....	66
6.2.6	Trips (<i>Frankliniella tuberosi</i>).....	67
6.2.7	Gusano de la hoja (<i>Copitarsia</i> sp.).....	68
6.2.8	Mosca minadora (<i>Liriomyza huidobrensis</i>).....	68
6.2.9	Nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).....	69
6.3	Enfermedades bacterianas y fitoplasma.....	70
6.3.1	Punta Morada de la Papa (PMP) y/o Zebra Chip. (<i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i>) (<i>Candidatus Phytoplasma</i>)	70
6.3.2	Pie negro (<i>Pectobacterium</i> spp.).....	72
6.3.3	Sarna común (<i>Streptomyces scabies</i>).....	73
6.3.4	Marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>).....	74
6.4	Enfermedades fungosas.....	75
6.4.1	Lancha temprana o tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>).....	75
6.4.2	Lancha, tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).....	76
6.4.3	Rhizoctonia o costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>).....	77
6.4.4	Carbón (<i>Thecaphora solani</i>).....	78
6.4.5	Roya (<i>Puccinia pittieriana</i>).....	78
6.4.6	Oidio o mildiu pulverulento (<i>Golovinomyces cichoracearum</i>)....	79

6.5 Enfermedades causadas por protozoarios	80
6.5.1 Sarna polvorienta, roña (<i>Spongospora subterranea</i>)	80
6.6 Enfermedades viróticas.....	81
6.6.1 PLRV, PVY, PVX y PVS.....	81
VII. CAPÍTULO 7.....	82
7.1 Cosecha y postcosecha.....	82
7.2 Selección, clasificación y envasado.....	83
7.3 Almacenamiento.....	84
VIII. CAPÍTULO 8.....	85
8.1 Distribución y comercialización de tubérculos-semilla de papa.....	85
Referencias.....	86

AGRADECIMIENTO

Especial agradecimiento a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) dentro del Convenio de Delegación DCI/2017/386-673 suscrito con la Unión Europea (UE) en el marco del programa “Apoyo al desarrollo de talento humano, innovación y transferencia de tecnología en el Ecuador” Proyecto “Desarrollo de germoplasma de papa con resistencia al tizón tardío, nematodo del quiste y calidad para consumo en fresco y procesado para mejorar la productividad del rubro utilizando herramientas biotecnológicas”, expediente N° 2018/SPE/ 0000400006, por el financiamiento de esta publicación.

PRESENTACIÓN

La productividad del cultivo de papa y su importancia económica como actividad agrícola, depende directamente de varios factores, de los cuales la calidad de la semilla tiene un rol protagónico. Utilizar semilla de calidad, garantiza los mejores resultados y su producción involucra atributos de mucha importancia que no se limitan al poder de brotación, sino a otros factores tan importantes como vigor, pureza genética, pureza física y sobre todo sanidad, los cuales deben ser controlados y sostenidos durante todo el desarrollo del cultivo.

En este manual se resume la información generada, validada y utilizada por los técnicos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en relación con las tecnologías para producción de semillas a nivel de laboratorio, invernadero y campo.

El capítulo 1 menciona generalidades del cultivo como producción, rendimiento, superficie de siembra, zonas de producción y la importancia de la semilla de papa.

En el capítulo 2 se presenta los atributos de la calidad de semillas, período de dormancia, incubación, brotación y solarización.

En el capítulo 3 se describe el proceso de certificación dentro del sistema formal de semillas, desde la inscripción de campos de multiplicación hasta la emisión de marbetes.

El capítulo 4 aborda la producción y multiplicación de tubérculo-semillas de categorías iniciales. Se presenta aspectos de cultivo de tejidos, el sistema autotrófico hidropónico, producción de plantas madres, proceso de aeroponía e hidroponía.

En el capítulo 5 se presenta el manejo del cultivo para producción de semilla desde la planificación, preparación del suelo, siembra, fertilización, prácticas culturales hasta la purificación del campo.

El capítulo 6 aborda las principales enfermedades e insectos plagas y el manejo integrado del cultivo mediante el uso de controles culturales, biológicos y químicos.

Finalmente, en los capítulos 7 y 8 se menciona aspectos de la cosecha y postcosecha, así como la selección, clasificación, envasado y el almacenamiento de la semilla.

Esperamos que las tecnologías y recomendaciones de este manual sean una herramienta útil para los técnicos, semilleristas y público en general interesado en la producción de semillas.

Ing. M. Sc. Jorge Rivadeneira Ruales
Director de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP

INTRODUCCIÓN

Se desconoce exactamente cuando la agricultura tuvo su inicio, sin embargo, se presume que nuestros antepasados ya practicaban una agricultura incipiente desde hace al menos 10 000 años (Castillo, et al., 1991). En éstas épocas, el hombre verificó que las semillas sembradas en el campo daban origen a una planta que multiplicaría varias veces la semilla original. Conscientes de este hecho, las semillas pasaron a ser de gran importancia en la vida y prosperidad de los pueblos.

En aquellos tiempos, aparecieron agricultores dedicados como hasta hoy, a producir semillas, los cuales comercializaban estos materiales con sus vecinos a medida que su mentalidad y negocios se expandían (Carvalho y Nakagawa, 1983). Este tipo de actividad siguió una trayectoria irregular, alternando fases de rápidos avances y recesos acordes con el progreso de la humanidad. Con el inicio de la revolución industrial, la producción de semillas presentó un gran progreso, pues, a medida que la población y las ciudades crecían, era necesaria una mayor producción de alimentos y materia prima para la industrialización, siendo la semilla el insumo agrícola fundamental para esos cambios.

El sector agrícola contribuye con el 7,81% del PIB en Ecuador, equivalente a 8 410,8 millones de dólares (Banco Central del Ecuador (BCE), 2019). Según el INEC-ESPAC para el año 2020 se sembraron 25 924 ha de papa en el Ecuador, con un rendimiento promedio de 15,75 Tm/ha. Este incremento en la producción está relacionado con el aumento en el uso de semilla mejorada y certificada que para este año fue de 5 762 ha, que representa aproximadamente el 22% de la superficie cultivada en nuestro país. Con lo citado anteriormente, se ratifica que la semilla es el insumo que en mayor medida determina el éxito o fracaso de la actividad productiva, debido a que una semilla de baja calidad promueve la diseminación involuntaria de plagas y enfermedades en diversas zonas.

En nuestro país el tubérculo-semilla que se utiliza, proviene tanto del sistema convencional como del no convencional, requiriendo para la sostenibilidad de este sistema a diferentes actores que se involucren en la creación de nuevas variedades y la generación tecnológica del manejo agronómico del cultivo, así como también, el control integrado de plagas y enfermedades. El cumplimiento de estos procesos servirá como fuente para la provisión de semilla de categorías altas, que serán distribuidas a grupos o empresas multiplicadoras de semilla de las categorías certificada y seleccionada.

Históricamente, desde hace más de 50 años, la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ha generado tecnologías que han contribuido a solucionar los problemas principales de los papicultores de la región Sierra del Ecuador, destacando entre estas, la generación y producción de semilla de calidad, lo que constituye el primer eslabón del sistema de producción de semillas. Por otra parte, el material inicial pasa por un proceso de limpieza de virus y otros patógenos, que se realiza a nivel de laboratorio, en donde se producen plantas *in vitro*, que son cultivadas en condiciones controladas de invernadero para la obtención de semilla de categoría prebásica y básica. A partir de esta última, en condiciones especiales de cultivo a nivel de campo, se produce la semilla de categoría registrada, que es la que se entrega a los semilleristas de papa del país. Esta producción se la realiza de forma permanente, cumpliendo con todos los protocolos y procesos desarrollados a partir de metodologías de investigación.

Para la multiplicación de semilla de categoría certificada, pueden participar empresas y agricultores debidamente capacitados en procesos de multiplicación de semilla y que estén calificados como operadores de semillas en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Un componente importante del sistema formal de producción y flujo de semillas, es la instancia de Control de Calidad, que está a cargo del MAG, quienes certifican el cumplimiento de los diferentes procesos para todas las categorías de semillas, previa a su comercialización.

A pesar de que existe un ente nacional de control de la calidad, la dinámica de la producción de semillas dentro de una empresa semillerista, debe contar con una instancia de control interno de calidad. Para este propósito, mediante procesos de investigación, se elaboró la normativa para la producción de semilla de papa, donde articula a varios actores del sistema, así como la ejecución adecuada de los procesos durante todas las fases de producción, asegurando la obtención de tubérculo-semilla de calidad que beneficiará a los agricultores y al sistema de producción nacional de semillas.

I. CAPÍTULO 1

1.1 Generalidades del cultivo e importancia de la semilla de papa

En el Ecuador, de acuerdo con datos del INEC-ESPAC 2020, en el año 2020 la superficie cultivada fue de 24 882 hectáreas (ha) con una producción de 408 313 toneladas métricas (t) y un rendimiento de 16,41 t/ha. Aproximadamente el 81% de la producción se comercializa para consumo en fresco y el resto es utilizado por la industria de procesamiento.

En la Sierra ecuatoriana, la papa se cultiva en zonas altoandinas, donde la temperatura diaria se mantiene en promedio de 12° a 20° C., en altitudes que van de 2 800 a 3 500 m. (Cuesta y Monteros 2021).

Si bien es cierto, la papa es una planta que tiene una gran capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelo y pisos altitudinales, y que, a su vez, tiene la particularidad de desarrollarse bajo el suelo, la convierte en un cultivo muy susceptible a una serie de plagas y enfermedades, las cuales ocasionan la degeneración de la semilla disminuyendo progresivamente el rendimiento y calidad, que se agudiza más a lo largo de sucesivos ciclos de propagación vegetativa y la utilización de semilla propia o de mercados locales sin renovación.

Para prevenir la acumulación de patógenos en el suelo, los agricultores tratan de evitar cultivar papas varias veces en el mismo campo y rotan con otros cultivos como cereales, leguminosas y hortalizas en ciclos de tres o más años (FAO 2008). La dificultad de realizar esta práctica, radica principalmente por las condiciones adversas de pendiente, espacio y clima prevalentes en nuestra región.

El cultivo de papa en el Ecuador, en su gran mayoría se multiplica vegetativamente a través de tubérculos-semilla. Esta forma de multiplicación es una ventaja porque permite mantener las características de la variedad, pero también puede ser un vehículo para la diseminación de plagas y enfermedades, por lo tanto, el tubérculo-semilla debe ser de calidad y poseer las mejores características genéticas, físicas, fisiológicas y sanitarias para reproducir plantas sanas y vigorosas.

Por lo general, el tubérculo-semilla de papa es el insumo más importante en la producción y representa aproximadamente entre el 15 y 20% del total de los costos de producción. En varias partes de la Sierra ecuatoriana donde no está fortalecido un sistema oficial de suministro de semillas, los agricultores han creado sus propios métodos de selección de los tubérculos-semilla, priorizando la parte económica. Es así que, el agricultor comercializa las papas de mayor tamaño para obtener rendimiento económico, consumen las de tamaño medio y guardan las más pequeñas como semilla, siendo estas, no siempre, las de mejor calidad.

Este rubro ha recibido constantemente la influencia de los avances técnicos y científicos, lo que ha permitido mejorarla genéticamente en aspectos de rendimiento, calidad, manejo de cultivo, conservación, industrialización y resistencia a plagas y enfermedades.

II. CAPÍTULO 2

2.1 Producción de semillas

En todo cultivo, la semilla es el medio por el cual se entrega al agricultor todo el potencial genético de una variedad con características superiores de calidad y para que esta tenga impacto en la agricultura, es necesario que sea utilizada por muchos agricultores (Peske, Villela y Meneghello, 2019).

El objetivo de desarrollar nuevas variedades de papa, es poner a disposición materiales que reúnan todas las características físicas, agronómicas y culinarias deseables para el agricultor. Pero si este material de alta calidad es utilizado con prácticas culturales inadecuadas, no reflejará todo su potencial.

2.2 Atributos de calidad de semillas

Es a través de una semilla de alta calidad, que se consigue otorgar a los agricultores el resultado de varios años de trabajo de investigación, permitiéndoles a éstos utilizar todo el potencial genético de una nueva variedad superior (Martins, A. et al. 1993). Todo productor de tubérculo-semilla de papa debe tener un estricto cuidado con la calidad, en el sentido de alcanzarla, mantenerla y evaluarla. Por esta razón, la tecnología de semillas para todos los cultivos, ha definido cuatro atributos de calidad que son: genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios.

2.2.1 Atributos de calidad genética

La calidad genética involucra características de pureza varietal, potencial de productividad, resistencia a plagas y enfermedades, precocidad, calidad de tubérculo y resistencia a condiciones adversas de suelo y clima. La mayoría de estas características son influenciadas por el medio ambiente. En el caso específico de la papa, por ser una especie de propagación vegetativa, la calidad genética se ve afectada por posibles mezclas varietales. La pureza genética de una variedad, garantiza la obtención en campo, de plantas que van a reproducir fielmente las características seleccionadas por el mejorador y esperadas por agricultores y consumidores.

2.2.2 Atributos de calidad física

Los atributos de calidad física, son características que reflejan los componentes físicos de un lote de semillas, éste atributo indica el grado de contaminación del lote con tierra, piedras, tallos secos o cualquier otro material inerte.

Los tubérculos-semilla, durante su proceso de producción, están sujetos a daños mecánicos. Los cuales, se ven reflejados principalmente al momento de la cosecha. Lo ideal sería cosechar toda la producción e inmediatamente beneficiarla manualmente, sin embargo, esto no es práctico ni económico. Las cosechadoras, a pesar de estar perfectamente calibradas, poseen mecanismos que golpean las semillas durante el cabe, en este caso, los daños pueden ser de dos tipos, visual y latente. El daño mecánico visual afecta directa e indirectamente a las estructuras superiores de la semilla y actúa como una puerta de entrada para el ataque de microorganismos patógenos; en tanto que, el daño latente es interno y se manifiesta más tarde, cuando la semilla permanece almacenada.

El aspecto o apariencia, en un lote de semillas actúa como un fuerte elemento de comercialización. Lotes de semillas afectadas por insectos, hongos, bacterias, rajaduras y con semillas deformes no presentan buen aspecto ni son aceptadas por los agricultores.

2.2.3 Atributos de calidad fisiológica

Los atributos fisiológicos son aquellos relacionados con el metabolismo, es decir, la expresión del potencial máximo de desarrollo de la semilla. La fisiología del tubérculo-semilla de papa es el proceso de cambio que sufre este, desde la cosecha hasta cuando muestra brotes múltiples y vigorosos. Estos procesos de cambios se los define como fisiología de tubérculo-semilla de papa y se ha identificado los siguientes estados:

2.2.3.1 Período de reposo o dormancia

Se extiende desde la cosecha hasta el momento en que empiezan aparecer los primeros brotes (fotografía 1). Se define el fin del período de reposo o dormancia, cuando el 80% de los tubérculos-semilla han desarrollado uno o más brotes de por lo menos 3 mm de largo. La duración de este período depende de la variedad, estado de maduración en el momento de la cosecha, temperatura durante la época de crecimiento vegetativo, tamaño del tubérculo-semilla, condiciones de almacenamiento (luz, temperatura y humedad) y daños físicos causados al tubérculo (Naranjo et al., 2002).



Fotografía 1. Tubérculos en estado de reposo o dormantes.

Una práctica necesaria cuando se siembran campos de papa programados en sucesión semanal, quincenal o mensual, es la ruptura del período de reposo. La finalización de este período puede ser inducida mediante tratamientos químicos, térmicos o el corte del tubérculo-semilla (Naranjo et al., 2002).

En el tratamiento químico, se puede utilizar ácido giberélico en una dosis de 1 ppm en solución, en la que se deben sumergir los tubérculos-semilla por un corto período de tiempo. Después de permanecer en esta solución se extienden en un lugar sombreado y se dejan secar (Montesdeoca, 2005). Es conveniente dejar los tubérculos cubiertos con una lona por lo menos 15 días antes de sembrarlos.

En el tratamiento térmico, los tubérculos-semilla se colocan en un cuarto oscuro entre 18° a 25°C hasta que se produzca la brotación. El tratamiento conocido como “Golpe de frío y calor”, consiste en colocar los tubérculos-semilla en una cámara fría a 4°C de 2 a 4 semanas y luego se transfieren a un ambiente entre 18° a 25°C para inducir la brotación, esto inhibe la síntesis de auxinas y la dominancia apical. Ambos tratamientos dan buenos resultados con variedades precoces.

El corte del tubérculo-semilla, es otra técnica para acelerar el envejecimiento fisiológico, reduciendo así el período de reposo. Si bien es cierto esta práctica no es comúnmente realizada en el Ecuador, existen lugares donde la practican y consiste en controlar la humedad del tubérculo al momento del corte (más del 85%) y la temperatura entre 12° a 20°C. Bajo estas circunstancias se asegura la formación rápida de una capa corchosa de protección (suberización). Los tubérculos-semilla cortados pueden almacenarse en canastos llenos hasta la mitad o en jabas (cajas) de madera. Si las condiciones del suelo son favorables (suelo húmedo y temperaturas entre 8° a 10°C) se puede realizar el corte inmediatamente antes de la siembra. Así, las superficies cortadas sanarán rápidamente en el suelo. Si las condiciones del suelo son desfavorables, el corte debe realizarse de 5 a 8 días antes de la siembra. Se debe cortar el tubérculo longitudinalmente en dos y si sus partes siguen siendo aún muy grandes se debe volver a cortarlo longitudinalmente. Las partes del tubérculo-semilla no deben ser muy pequeñas; el tamaño mínimo es de 30 g y debe tener por lo menos de dos a tres ojos. (Naranjo et al., 2002).

2.2.3.2 Período de incubación

Este período inicia al término del período de reposo y dura hasta el inicio de la tuberización. La incubación determina la formación de estolones, la cual influye en el rendimiento del cultivo (Naranjo et al., 2002).

2.2.3.3 Período de dominancia apical

Cuando se almacenan tubérculos-semilla entre 5° y 15°C, es común que únicamente el ojo del brote apical inicie el crecimiento, sin que los demás muestren desarrollo (fotografía 2). Un tubérculo con un solo brote normalmente produce una planta con uno o dos tallos principales, lo que ocasiona rendimientos bajos. Si el tubérculo-semilla se encuentra en este estado se recomienda eliminar el brote apical disminuyendo la síntesis de auxinas responsables de la dominancia apical, sometiendo a los tubérculos por periodos cortos de tiempo a temperaturas de 6 a 8 °C, para posteriormente colocarlos en ambientes más calientes (15° a 20°C con un 85% de humedad relativa) para estimular el desarrollo y brotación múltiple.



Fotografía 2. Tubérculos en periodo de dominancia apical.

2.2.3.4 Período de brotación múltiple

Período en el que se identifica que todos los “ojos” tengan su respectivo brote. Es el estado ideal para sembrar el tubérculo-semilla. Se pueden sembrar brotes cortos de 0,2 a 0,5 cm. si las condiciones de suelo son óptimas y largos de 1,5 a 2,5 cm. si las condiciones son desfavorables (fotografía 3).



Fotografía 3. Tubérculos en período de brotación múltiple.

2.2.3.5 Brotación filiforme

Se produce cuando el tubérculo-semilla fisiológicamente viejo, desarrolla brotes alargados filiformes con una marcada tendencia a ramificarse. La emergencia de estos tubérculos-semilla es muy débil a causa del agotamiento de sus reservas; lo que provoca plantas de bajo vigor y poco resistentes a factores climáticos adversos como sequías, granizadas y heladas. En algunas variedades bajo ciertas condiciones de estrés, los brotes filiformes provocan la formación de tubérculos alrededor de las yemas, fenómeno producido como mecanismo de defensa a la conservación de su especie (fotografía 4).



Fotografía 4. Tubérculos con brotación filiforme.

2.2.3.6 Pre acondicionamiento de los tubérculos-semilla; verdeamiento

Consiste en colocar los tubérculos-semilla en silos verdeadores, para permitir el verdeamiento de los tubérculos por acumulación de solanina. Estos deben extenderse en capas de 20 cm, lo que mejorará la calidad de brotes, puesto que la luz difusa origina brotes fuertemente adheridos al tubérculo, contribuye a la supresión del crecimiento del brote apical, minimiza las pérdidas durante el almacenamiento incrementando la cantidad de solanina y de cloroplastos con lo que la papa se torna amarga y poco apetecida por los insectos; así también una emergencia más rápida en campo acortando el período vegetativo. El verdeamiento también se lo puede realizar utilizando sacos ralos o jabas (cajas de madera o plástico) almacenados en una bodega con luz difusa.

2.2.3.7 Solarización

La acción del sol sobre los tubérculos, aumenta la temperatura y produce un verdeamiento por acumulación de solanina (alcaloide tóxico y amargo), permitiendo el control de ciertos insectos en almacenamiento como lo son el complejo de polillas que obliga a larvas y pupas a abandonar los tubérculos-semilla. La solarización se la puede realizar colocando la semilla en sacos ralos sobre la tierra con una cierta inclinación o sobre una superficie de cemento de color claro, evitando que se incremente la temperatura. El tiempo de exposición al sol depende del grado de radiación, que puede ir de 8 a 15 días, luego de este tiempo se colocarán los sacos en bodegas con luz difusa para culminar su proceso de brotación.

2.2.4 Atributos de calidad sanitaria

Las semillas son excelentes vehículos para la distribución y diseminación de patógenos. Pequeñas cantidades de inóculo en la semilla pueden tener un gran significado epidemiológico, pues los patógenos transmitidos por las semillas incluyen bacterias, hongos, nematodos y virus que pueden acumularse en el tubérculo-semilla y afectar el rendimiento cuando la semilla se reutiliza, es decir, en ciclos sucesivos de propagación vegetativa (Thomas-Sharma et al., 2016). Semillas infectadas con algún patógeno pueden presentar problemas de brotación y desarrollo inicial y lo que es peor pueden contaminar áreas exentas de patógenos (Velásquez et al., 2008).

III. CAPÍTULO 3

3.1 Certificación de semillas

La certificación de semillas, es un sistema creado internacionalmente para verificar la autenticidad de la semilla que es distribuida a los agricultores, proporcionándoles la confianza de que el insumo que han adquirido posee las características declaradas en su etiqueta.

La certificación es un componente importante de la industria de semillas que actúa en todos sus elementos, participando de la producción, beneficio, comercialización y prestación de servicios a los agricultores. Es el único método que permite mantener la identidad varietal de la semilla en un mercado abierto. A través del control de generaciones, las semillas de las variedades mejoradas, lanzadas oficialmente por los fitomejoradores, mantienen su pureza genética y todas las características deseadas que las hacen diferentes, homogéneas y estables.

Los países con programas de semillas ya establecidos, poseen una legislación o Ley de Semillas, que, expresando una política de estado, fomentan la producción y protege a los agricultores contra riesgos de utilizar semillas de baja calidad, así como a los comerciantes contra competidores inescrupulosos. El sistema de certificación de semillas participa dentro del programa como apoyo al cumplimiento de la ley si es realizado por una agencia del gobierno; el objetivo es el de inspeccionar el cultivo del cual la semilla es producida con base en estándares mínimos que incluyen pureza genética, física y estado sanitario (Peske, S. et al 2019).

El éxito de un sistema de certificación está limitado a la demanda de semillas certificadas por parte de los agricultores. Este hecho depende de la habilidad de cada país para producir semillas de alta calidad de las variedades superiores en cantidades suficientes, que lleguen al agricultor lo más rápido posible dentro de los reales requerimientos de la industria semillera nacional (Peske, S. et al 2019).

La certificación de semillas ha contribuido, en el aumento de la distribución de variedades superiores. De esta manera se establecen estándares mínimos de calidad, permitiendo que los sistemas de certificación, además de verificar y asegurar la identidad genética, participen también en la evaluación de la calidad, ofreciendo a los productores, comerciantes y semilleros en general, servicios de campo, de plantas y de laboratorio que aseguren todos los beneficios de un buen programa de gestión interna y así conduzcan al uso de semillas de alta calidad (Velásquez, J. et al 2008).

3.2 Componentes de un sistema formal de producción de semillas

Un programa de semillas bien establecido, parte desde la investigación hasta que el producto final sea consumido, la semilla debe pasar por la producción y multiplicación de las diferentes categorías establecidas, que son: semilla fitomejorador o prebásica (en Ecuador), básica, registrada y certificada. Esta última será utilizada por el agricultor para ofrecer al consumidor final toda su producción.

Es misión del ente creador de las variedades, que para el caso del Ecuador es el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), producir semillas de categorías altas, es decir prebásica, básica y registrada; y las empresas productoras de semillas son las encargadas de multiplicar la categoría certificada. La fiscalización del comercio de semilla, la realiza el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en las categorías básica, registrada y certificada (fotografía 5).



Fotografía 5. Elementos del programa formal de producción de semillas en Ecuador.

Un programa de semillas debidamente organizado, proporcionará semillas de variedades mejoradas, es decir, aquellas que reúnan características superiores de rendimiento, precocidad, resistencia a plagas y enfermedades, y demás características que hayan sido identificadas como primordiales para satisfacer las necesidades del agricultor, y que, a su vez, estén disponibles para su utilización.

3.3 Control de generaciones

El control de generaciones, tiene que ver con la multiplicación de las diferentes categorías de semillas dentro de un sistema formal de producción, así, para el caso específico del Ecuador, la denominación de las diferentes categorías está descrita en el Art. No. 34 de la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (2017), de la siguiente manera:

3.3.1 Semilla fitomejorador, genética o pre-básica

Primera semilla obtenida del mejoramiento vegetal, material de la multiplicación de la semilla genética que sirve de base para la semilla básica.

3.3.2 Semilla básica

Obtenida de la semilla fitomejorador o genética. Es sometida al proceso de certificación para mantener el más alto grado de identidad y pureza genética, cumpliendo los estándares establecidos, que es utilizada para la producción de semilla registrada, producida bajo la responsabilidad de la entidad creadora o dueña de la variedad e identificada con marbete de color blanco.

3.3.3 Semilla registrada

Es aquella obtenida a partir de la semilla básica que ha sido sometida al proceso de certificación, producida de tal forma que mantenga la pureza e identidad genética y cumpla los estándares establecidos para esta categoría de semilla. Producida bajo la responsabilidad de la entidad creadora e identificada con un marbete de color rojo.

3.3.4 Semilla certificada

Obtenida de la semilla registrada, sometida al proceso de certificación, producida de tal forma que mantenga su pureza e identidad genética y que cumpla los estándares establecidos para esta categoría de semilla. Esta será entregada a los agricultores por parte de los semilleros identificados con marbete de color celeste.

3.4 Normas de certificación

Las normas de certificación se encuentran en las leyes de cada país y son generales y específicas por especies, definen los requisitos agronómicos que deben ser seguidos en la producción de semillas bajo certificación. Para el caso del Ecuador, se las encuentra en el reglamento y normativa vigente de la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (2017).

3.5 Control externo de calidad y fiscalización

El control externo de calidad lo realiza el ente fiscalizador de cada país. En el Ecuador, este control lo realiza el MAG y reúne un conjunto de medidas tendientes a verificar la calidad de las semillas bajo certificación. Consiste de una parcela de control y análisis de calidad del material básico; inspecciones oficiales de campo durante la producción, técnicas de muestreo; análisis de laboratorio para patógenos, pureza, sanidad y parcelas de post-control.

Según la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable del Ecuador, corresponde a los inspectores de certificación de semillas del MAG, tramitar la certificación y hacer el control de calidad de las semillas que se encuentran en el comercio. Sus funciones principales son las siguientes:

- Supervisar la producción de semillas en campo, así como los materiales en las bodegas de beneficio y realizar los análisis de calidad en el laboratorio.
- Calificar los campos inscritos en el sistema de certificación de semillas.
- Advertir oportunamente a los productores de semilla sobre la presencia de plagas, enfermedades, malezas y contaminación varietal presente en los campos de multiplicación de semillas.
- Promover el establecimiento de empresas productoras y utilización de semilla disponible en el sector agrícola.
- Emitir informes de las visitas al campo, indicando según corresponda la aprobación o rechazo de un campo destinado a la multiplicación de semillas.
- Suministrar los marbetes de certificación después de haber obtenido los resultados de calidad, a fin de habilitar los lotes de semilla para su posterior comercialización.
- Y otros asignados por la ley y sus reglamentos.

Los campos objeto de certificación, deberán ser calificados respecto a la presencia de cualquier organismo, patógeno del suelo, deben estar claramente delimitados, tener acceso, rotación mínima de 3 años, buena fertilidad y aislados de otros campos de producción.

3.6 Procedimiento de registro para la certificación de la semilla de papa

Del Registro. -Toda persona natural o jurídica interesada en producir y/o comercializar semilla certificada, deberá estar registrada en el Ministerio de Agricultura y Ganadería, conforme lo estipulado en la normativa vigente de aplicación a la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable.

- Registro del productor y/o comercializador de semilla de papa.
- Registro de cultivares.

3.7 Productores y/o comercializadores

Requisitos.- Para el registro de productores y/o comercializadores se considerarán los requisitos establecidos en la normativa de aplicación de la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable en el Registro Oficial Año I - No 10 del 8 de junio de 2017.

3.8 Proceso de certificación

El proceso de certificación de semilla se basa en niveles máximos y mínimos, levantados en las inspecciones que se detallan a continuación.

3.8.1 Inscripción del campo de multiplicación de semillas

Todo productor de semillas registrado, deberá inscribir los campos de multiplicación de semillas, en la jurisdicción de su competencia, al menos con 15 días antes de la siembra. Además, el productor de semillas deberá presentar el pago de la tasa de inscripción del campo de multiplicación de semilla, la factura de compra de semilla y los marbetes de la semilla que acredite la cantidad y categoría.

3.8.2 Número de inspecciones

Los campos de multiplicación de semillas estarán sujetos a las inspecciones que el fiscalizador lo estime conveniente, en los siguientes estados de desarrollo del cultivo:

- Campo de multiplicación previo a la siembra.
- En crecimiento y desarrollo.
- En el período de floración; madurez fisiológica.
- En el almacenamiento y beneficio.

Una inspección puede requerir una o varias visitas para verificar el cumplimiento de los requisitos de la normativa. Se pueden realizar otras visitas (por ejemplo, al momento de la siembra/cosecha) si el inspector lo creyera pertinente. Al final de cada inspección, el inspector levantará el respectivo informe de acuerdo al formato establecido.

3.8.2.1 Primera inspección: del campo de multiplicación previo a la siembra

La primera inspección se realizará luego de la inscripción del campo y antes de la siembra. Se tomará en cuenta los siguientes criterios:

- Los campos para la multiplicación de tubérculo-semilla de papa deberán estar ubicados de preferencia entre 3 000 y 3 400 metros de altitud.
- Los campos deben estar aislados de otras parcelas de papa a una distancia de al menos 200 metros. En el caso de producción en ambientes controlados (invernadero), no aplica este requerimiento.
- El período de rotación de cultivos en el campo de multiplicación debe ser de al menos dos a tres años, desde el último cultivo de papa.
- El campo de multiplicación de semilla deberá disponer de trampas amarillas pegajosas para el monitoreo de adultos de psílido de papa *Bactericera cockerelli* y otros insectos asociados con la PMP al menos cuatro trampas en los extremos bordes y cuatro en el centro; para monitorear estados inmaduros (huevos y ninfas) y adultos se deberá muestrear folíolos de las plantas de papa en orillas y en el centro del cultivo, diez hojas por sitio de muestreo, las hojas a revisar deben ser de la parte media a baja de la planta y las que estén menos expuestas según lo establecido en Cuesta et al. (2021).
- Para el monitoreo de gusano blanco de la papa (*Premnotrypex vorax*), mínimo 20 trampas por hectárea con una tolerancia máxima de 10 adultos/trampa.
- Para el caso de semilla básica, registrada y certificada, la tolerancia máxima para el nematodo del quiste *Globodera* sp., será de 5 quistes/100 g de suelo, definida con base a un análisis realizado en un laboratorio autorizado por el MAG.
- Para el caso de semilla básica, registrada y certificada, la tolerancia máxima para el nematodo del nódulo de la raíz *Meloidogyne* sp., será de 50 larvas/100 g de suelo, definida con base a un análisis realizado en un laboratorio autorizado por el MAG.

3.8.2.2 Segunda inspección: período de floración

La Segunda Inspección se realizará cuando el cultivo de papa esté en crecimiento, desarrollo vegetativo y cuando inicie la floración; en caso de tratarse de una variedad de papa que no posea floración, la inspección se realizará cuando se inicie la tuberización. Se deberá calificar al menos:

(I) El manejo del cultivo; (II) la sanidad del cultivo; y (III) la pureza genética del campo de multiplicación.

I. Manejo

Para calificar el manejo del campo de multiplicación se usará una escala de 1 a 3, donde 1 es aceptación, 2 se condiciona al multiplicador de semilla a que mejore el manejo del campo y 3 se rechaza el campo. Los criterios de calificación serán el manejo de malezas, la calidad de las labores culturales y la purificación del campo.

II. Sanidad

Para calificar la sanidad del campo de multiplicación se tomará una muestra de al menos 400 plantas por hectárea y se evaluará de manera visual la severidad de plagas y enfermedades de acuerdo con las tolerancias descritas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tolerancias máximas (%) definidas de manera visual para la severidad de plagas en las categorías de semilla básica, registrada y certificada en la segunda inspección.

Plaga	Básica		Registrada		Certificada	
	1 ^{ra.} Visita	2 ^{da.} Visita	1 ^{ra.} Visita	2 ^{da.} visita	1 ^{ra.} Visita	2 ^{da.} Visita
Lancha (<i>Phytophthora infestans</i>)	5	5	20	20	20	20
Pierna negra (<i>Pectobacterium</i> spp.)	0	0	0,5	0	1	0
Rizoctoniasis (<i>Rhizoctonia solani</i>)	0,5	0	4	1	6	2
Punta Morada de la Papa (PMP), Fitoplasma	0,1	0,01	0,5	0,25	1	0,25
Zebra Chip (<i>Candidatus liberibacter solanacearum</i>)	0,1	0,01	0,5	0,25	1	0,25
*Sarna común (<i>Streptomyces scabies</i>)	0	0	0	0	0	0
Virus del amarillamiento de venas	0	0	1	0	5	4
**Sarna polvorienta (<i>Spongopora subterranea</i>)	0,1	0	0,5	0	0,5	0
Carbón de la papa (<i>Thecaphora solani</i>)	0	0	0	0	0	0
Marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	0	0	0	0	0	0
Verruga (<i>Synchytrium endobioticum</i>)	0	0	0	0	0	0

*Evaluación a la cosecha.

**Evaluación entre 60 y 90 días en el sistema radicular.

De las plantas muestreadas, se tomará al azar una submuestra de al menos diez (10) plantas para remitirlas al laboratorio de diagnóstico fitosanitario de AGROCALIDAD. La submuestra de plantas completas, deberá ser enviada en el menor tiempo posible incluida la parte radicular y pan de tierra con humedad suficiente para que las muestras lleguen en buen estado al laboratorio, para realizar el análisis de la presencia de fitoplasmas y *Candidatus liberibacter solanacearum*. Si el resultado es positivo se debe realizar un nuevo muestreo y si éste es positivo se descartará el campo de multiplicación.

Para el caso de virus, además de la inspección visual, se realizará lo siguiente:

- En semilla básica y registrada, se colectarán 90 muestras por hectárea y se las enviará a laboratorios autorizados para realizar análisis de serología u otras técnicas para detectar los virus descritos en el cuadro 2.
- En el caso de semilla certificada, se colectarán y enviarán muestras al laboratorio únicamente si se presentan síntomas visuales, el campo quedará condicionado hasta la entrega de los resultados.

Cuadro 2. Tolerancia máxima (%) definidas mediante análisis de laboratorio para la incidencia de virus en las categorías de semilla básica, registrada y certificada en la segunda inspección.

Virus	Básica	Registrada	Certificada
Mosaico suaves (PVX,PVS)	0	6	10
Mosaicos rugosos (PVY)	0	2	3
Enrollamiento de hojas (PLRV)	0	1	2

III. Pureza genética

Para calificar la pureza genética del campo de multiplicación se tomará una muestra de al menos, 400 plantas por hectárea y se evaluará de manera visual la presencia de mezclas varietales de acuerdo a las tolerancias máximas descritas en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tolerancias máximas (%) definidas de manera visual para mezclas varietales en las categorías de semilla básica, registrada y certificada en la segunda inspección.

Básica		Registrada		Certificada	
1ra. Visita	2da. Visita	1ra. Visita	2da. Visita	1ra. Visita	2da. Visita
0	0	1	0	2	0,05

3.8.2.3 Tercera inspección: madurez fisiológica

La tercera inspección se realizará en etapa de madurez fisiológica, para monitorear la sanidad del cultivo en cuanto a la enfermedad punta morada, para lo cual se realizará la inspección del campo de multiplicación, verificando la presencia de plantas sintomáticas y la presencia de todos los estados de desarrollo de los insectos vectores asociados a las enfermedades principalmente el psílido de la papa *Bactericera cockerelli*, siguiendo los procedimientos que se describen en las inspecciones previas.

En la tercera inspección, además de lo establecido durante la verificación en campo, el inspector de semillas debe realizar la toma de muestras del predio de producción de semilla, la muestra debe ser enviada para su análisis por parte de AGROCALIDAD, con el fin de descartar la presencia de Punta Morada de la Papa (PMP) y Zebra Chip.

3.8.2.4 Cuarta inspección: en almacenamiento

La cuarta inspección se realizará en almacenamiento, una vez que los tubérculos hayan sido clasificados y seleccionados, previo a la desinfección. Se tomará una muestra con un tamaño mínimo de 200 tubérculos por lote de semilla. En caso de lotes mayores de 10 toneladas (220 qq) se deberá tomar una muestra adicional de 20 tubérculos por cada tonelada (22 qq) adicional de semilla.

Una submuestra de estos tubérculos (1 kg) será enviado al laboratorio de diagnóstico fitosanitario de AGROCALIDAD, para el análisis de fitoplasmas y *Candidatus liberibacter solanacearum*; si el resultado es positivo se debe realizar un nuevo muestreo y análisis con tubérculos brotados, si éste es positivo se descartará el lote.

Los requisitos que el inspector verificará son los siguientes:

- Que la semilla esté seleccionada de acuerdo a su tamaño:

Cuadro 4. Tamaño de tubérculo-semilla de papa por denominación y peso. *En caso de semilla registrada, puede variar de 120 a 200 g.

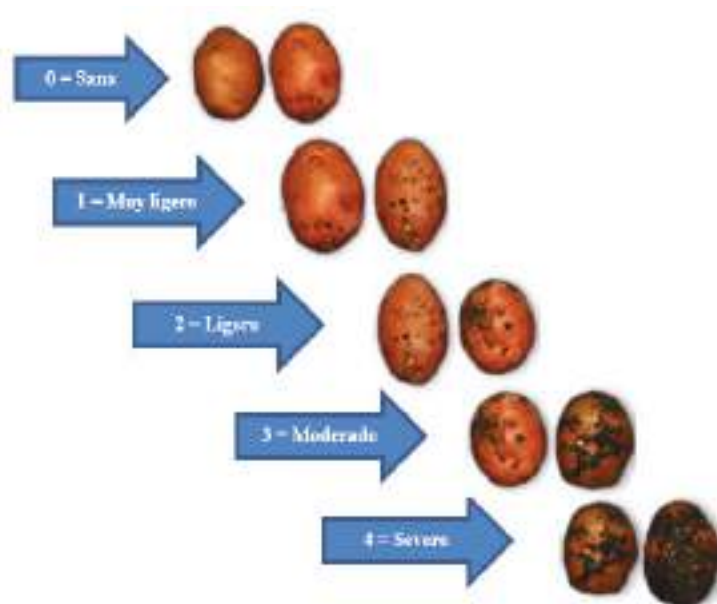
Medida	Peso (g)
Grande	91-120*
Mediana	61-90
Pequeña	40-60

Para el caso de semilla básica producida bajo invernadero y por la pureza genética, debería aceptarse desde 20 g.

- Que la semilla esté envasada en sacos ralos o jabas de o madera plástico, que no estén apoyadas directamente en el suelo sino sobre pallets (o tarimas).
- Que el lote de semilla esté almacenado en una bodega limpia, con luz difusa y bien ventilada.
- Que el lote de semilla apruebe el Control de Calidad descrito a continuación:

3.8.3 Control de Calidad. Método de factores indexados

Los tubérculos-semilla de la muestra de cada lote se clasificarán de manera visual en cinco grados de incidencia y severidad (fotografías 6 y 7):



Fotografía 6. Grados de incidencia y severidad para clasificar tubérculos-semilla de papa.

RESULTADOS	BASICA	REGISTRADA	CERTIFICADA
ÍNDICE %	10	25	30

La imagen muestra tres filas de tubérculos con círculos verdes que indican el porcentaje de tubérculos sanos requeridos para cada categoría:

- Básica: 10% de tubérculos sanos.
- Registrada: 25% de tubérculos sanos.
- Certificada: 30% de tubérculos sanos.

Fotografía 7. Guía para evaluación y calificación sanitaria de tubérculos-semilla según parámetros de la normativa.

Para esta clasificación se tomarán en cuenta los siguientes defectos:

- Presencia de enfermedades y plagas en el tubérculo.
- Daños físicos: grietas, rajaduras y deformidades.
- Tubérculos inmaduros (o pelones).
- Mezclas de tubérculos de otras variedades.

Se contabilizará el número de tubérculos en cada uno de estos grados de severidad y se aplicará la siguiente fórmula para calcular el Índice de Control de Calidad:

$$\text{Índice} = \frac{0 \cdot \text{Sana} + 1 \cdot \text{Muy ligera} + 2 \cdot \text{Ligera} + 3 \cdot \text{Moderada} + 4 \cdot \text{Severa}}{4 \cdot \text{número total de tubérculos de la muestra}} \cdot 100$$

El valor resultante del Índice de Control de Calidad se comparará con las tolerancias máximas del Cuadro 5.

Cuadro 5. Tolerancias máximas (%) definidas con el índice control de calidad en las categorías de semilla básica, registrada y certificada en la tercera inspección.

Básica	Registrada	Certificada
Menor a 10	Menor a 25	Menor a 30

En caso de que el lote de semilla tenga valores superiores a las tolerancias máximas, el inspector podrá calificar nuevamente el lote de semilla, previa una re-selección de la semilla, máximo por dos ocasiones.

Nota: El inspector durante todas las visitas deberá evaluar todas las plagas y enfermedades frecuentes en el cultivo de papa de acuerdo con los cuadros 6, 7, 8 y 9; y fotografía 8.



Fotografía 8. Método Indexado para calificación de la calidad física y sanitaria del tubérculo-semilla de papa.

Cuadro 6. Enfermedades fungosas más comunes que afectan al tubérculo-semilla de papa en Ecuador.

HONGOS	
Nombre común	Nombre científico
Rizoctoniasis	<i>Rhizoctonia solani</i>
Sarna pulverulenta*	<i>Spongospora subterranea</i>
Verruga	<i>Synchytrium endobioticum</i>
Carbón de papa	<i>Thecaphora solani</i>
Fusariosis	<i>Fusarium sp.</i>
Mancha plateada	<i>Helminthosporium solani</i>

*Protozoario.

Cuadro 7. Nemátodos más comunes que afectan al tubérculo-semilla de papa en Ecuador.

NEMATODOS	
Nombre común	Nombre científico
Nematodo del quiste	<i>Globodera pallida</i>
Nematodo de nódulo de la raíz	<i>Meloidogyne incognita</i>

Cuadro 8. Enfermedades bacterianas más comunes que afectan al tubérculo-semilla de papa en Ecuador.

BACTERIAS	
Nombre común	Nombre científico
Sarna común	<i>Streptomyces scabie</i> ssp.
Pierna negra	<i>Pectobacterium sp.</i>
Marchitez bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i>

Cuadro 9. Insectos más comunes que afectan al tubérculo-semilla de papa en Ecuador.

INSECTOS	
Nombre común	Nombre científico
Gusano blanco	<i>Premnotrypes vorax</i>
Polillas	<i>Tecia solanivora</i> <i>Phthorimaea operculella</i> <i>Symmetrischema tangolias</i>
Pulguilla	<i>Epitrix tuberis</i>
Cutzo	<i>Phyllophaga sp.</i>
Psílido de la Papa	<i>Bactericera cockerelli</i>

3.8.4 Emisión de marbetes

Para la semilla básica, registrada y certificada, la entrega de marbetes por parte de la autoridad competente se efectuará una vez que el inspector haya emitido el informe final de fiscalización favorable. Una vez que se haya cumplido con todo este proceso, la autoridad competente emitirá los marbetes de certificación de semillas con base al volumen y presentación de la semilla para su posterior comercialización.

3.8.5 Marbetes

Los Marbetes son etiquetas o membretes que hacen referencia a la información básica de la proveniencia de la semilla, en ellos consta la georreferenciación del campo de multiplicación, el nombre de la institución, pureza varietal y porcentaje de germinación de la semilla. El MAG y AGROCALIDAD son los entes legisladores que otorgan la emisión de los mismos.

Los marbetes deben ser cosidos al saco o pegados a la jaba y deben estar rotulados con la siguiente información:

- Nombre y dirección del productor registrado en el Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Número de registro del productor registrado en el Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Número de registro del laboratorio.
- Especie.
- Cultivar/Categoría con su debido nombre comercial registrado.
- Número de lote de semillas.
- Fecha de análisis.
- Resultado del Índice de Control de Calidad.
- Peso (kg).

En Ecuador, así como en varios países andinos, es indiscutible que un alto porcentaje de agricultores especialmente indígenas, utilicen su propia semilla, así como su biodiversidad, lo cual es respetable en alto grado, sin embargo, existe otro sector agrícola que utiliza diferente tecnología de producción y emplea semillas certificadas, a quienes el sistema formal debe atenderlos.

IV. CAPÍTULO 4

4.1 Tecnología de producción de tubérculo-semillas de categorías iniciales en condiciones de invernadero

Los aspectos técnicos de la producción de semillas de papa, están definidos por leyes nacionales e internacionales, que establecen las categorías a producir, para el caso del Ecuador son: fitomejorador o prebásica, básica, registrada y certificada. Además, las leyes contemplan los mecanismos y técnicas de producción que se relacionan con la infraestructura y tecnología disponible, los más utilizados son: el cultivo *in vitro* para producir la semilla fitomejorador; multiplicación masiva de plántulas en laboratorio a través del Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH); invernaderos para producir semilla fitomejorador y básica; multiplicaciones en campo, para las categorías: básica, registrada y certificada, en campos establecidos y seleccionados para cada caso; y con productores de semillas, que cumplan con los estándares descritos en la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable la Normativa de la Semilla de la Papa. La cosecha, selección, clasificación, almacenamiento y etiquetado, están regulados por esta ley y su normativa; la comercialización se realiza de acuerdo a la libre oferta y demanda de mercado.

Es conocido por todos los agricultores, que el éxito o fracaso de un cultivo depende en gran medida de la calidad de la semilla, del estado fisiológico, tamaño, variedad y sanidad.

La compra de la semilla de origen desconocido, constituye un riesgo de introducción de plagas y enfermedades exóticas al país.

4.2 Tecnologías utilizadas para la multiplicación de tubérculo-semilla de papa en ambientes controlados

La necesidad de incrementar las tasas de multiplicación de semillas de calidad, o de incrementar el número de tubérculos, ha motivado la creación de varios sistemas de multiplicación vegetativa en papa, destacando los siguientes:

- Multiplicación *in vitro* mediante técnicas de cultivo de tejidos.
- Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH).
- Multiplicación masiva de tubérculo-semilla en sistemas aeropónicos e hidropónicos, plantas madres y esquejes para la obtención de semilla categoría fitomejorador y básica.

4.2.1 Cultivo de tejidos

La técnica del cultivo de tejidos consiste esencialmente, en aislar una porción de una planta (explante) y proporcionarle, de manera artificial, las condiciones físicas y químicas apropiadas para que las células expresen su potencial intrínseco o inducido. Además, es necesario adoptar procedimientos de asepsia, para mantener los cultivos libres de contaminación microbiana. La fotografía 9 muestra el proceso de producción de plántulas *in vitro* y del sistema de eliminación de patógenos.



Fotografía 9. Procedimiento de multiplicación *in vitro* y el sistema de eliminación de patógenos.

4.2.1.1 Eliminación de virus

La producción de plántulas *in vitro* se inicia con la selección de material libre y limpio, para ello se debe considerar el lugar de origen, fenotipo, genotipo, estado fisiológico y época de cosecha.

Una vez seleccionadas las plantas madres, son sometidas a tratamientos de limpieza de patógenos, siendo los más utilizados el cultivo de meristemas y la termoterapia, o quimioterapia, que contribuyen en especial, a la eliminación de virus (cuando se utilizan combinados). El éxito de estas técnicas depende del virus que se quiere eliminar y de la variedad de papa.

Si se encuentra que las plántulas *in vitro* obtenidas de meristemas están contaminadas con un virus y se haya demostrado a través de cualquier método de diagnóstico, se procede a utilizar técnicas de eliminación de virus mediante las siguientes prácticas:

- Termoterapia, consiste en la exposición de plantas infectadas a tratamientos con altas temperaturas (30°C a 52°C), o bajas temperaturas (4°C) durante determinados períodos de tiempo con una determinada cantidad de luz.
- Quimioterapia, consiste en la utilización de antivirales como la Ribavirina, un nucleósido sintético, que se fosforila en los plasmodesmos de la célula vegetal infectada utilizando la enzima adenosinquinasa. Esto inhibe la síntesis del ARN mensajero viral, la ARN polimerasa y la transcriptasa inversa en altas concentraciones, evitando de esta manera la proliferación del virus (Sigma Aldrich, 2015).
- Cultivo de meristemas, es fundamental porque se ha demostrado que los puntos de crecimiento apicales y laterales de brotes y raíces, están libres de patógenos o lo llevan en concentraciones muy bajas debido al alto metabolismo en este sector de las plantas. El resultado final de la limpieza de plantas debe comprobarse mediante técnicas precisas de diagnóstico de virus y otros fitopatógenos, entre las principales se encuentran:

- Identificación de virus, a más del diagnóstico visual, es obligatorio los análisis de ELISA (enzyme-linked immunoabsorbent assay) para detección y diagnóstico de enfermedades virales de la papa. Esta técnica es muy precisa y sencilla de aplicar, su eficiencia se basa en la alta especificidad de la preparación de los anticuerpos requeridos. Los virus más importantes que se han encontrado en la papa son: PVX, PVY, PVS y PLRV.
- Técnicas moleculares, para detectar fitopatógenos que no pueden ser identificados con otras técnicas, los análisis moleculares nos permiten identificar principalmente fitoplasmas y bacterias, según la normativa vigente, este análisis lo realiza AGROCALIDAD previo a la emisión de marbetes.
- Microscopía óptica, las inclusiones virales son una evidencia de infección de virus y pueden ser detectadas a nivel de microscopía de luz en tiras de epidermis. Esta técnica está basada en el teñido diferencial de los ácidos nucleicos con la tinta Azura "A" y las proteínas, con una combinación de calcomina naranja y luxol verde brillante.
- Regeneración de plantas, después que las plantas fueron sometidas a las técnicas de erradicación, se vuelven a extraer meristemos, para obtener nueva generación de vitroplantas, las que son sometidas a diagnóstico, obteniendo, en promedio, el 80% de plantas libres de virus.
- Propagación de plantas sanas, esta generación de vitroplantas obtenidas, que fueron diagnosticadas como plantas sanas, son las que servirán para la multiplicación masiva de plántulas.

La fase de laboratorio es crucial para todos los procesos, porque aquí se obtienen las vitroplantas, que se utilizarán en todas las fases; se basa en la capacidad que tienen los organismos vegetales para regenerar una planta completa a partir de sólo una célula.

4.2.1.2 Medios de cultivo

Para que las pequeñas plantas se desarrollen *in vitro*, requieren de medios de cultivo para su establecimiento, crecimiento y multiplicación. Por lo general, estos medios son combinaciones de microelementos, vitaminas, reguladores de crecimiento, fuentes de carbono y otros compuestos de acuerdo al tipo de medio de cultivo a preparar.

Estas vitroplantas, para desarrollarse necesitan de un medio de cultivo, el más utilizado es el MS (Murashige y Skoog) más sacarosa y agar. En este medio y con la finalidad de multiplicar las plantas *in vitro* se deberá sacar las plantas del tubo de ensayo y realizar cortes en cada yema, que serán sembrados en los tubos de ensayo con medio de cultivo.

4.2.2 Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH)

Esta técnica consiste en incrementar considerablemente a nivel de laboratorio, el número de plantas que serán multiplicadas en invernadero, las que también serán plantas más robustas, con cierto grado de aclimatación y fotosintéticamente activas. Estos plantines, serán la fuente principal para la multiplicación de tubérculo-semilla de papa mediante sistemas hidropónicos con sus variantes.

El objetivo principal de este sistema es producir un material de siembra de alta calidad física, fisiológica, sanitaria y genética. Para lograr esto, el cultivo depende de requerimientos tecnológicos, principalmente porque está expuesto al ataque de organismos fitopatógenos, como hongos, bacterias y virus, que se pueden perpetuar en las siguientes generaciones.

El SAH, parte de la premisa de obtener plantas autotróficas de papa que tendrán gran capacidad de adaptación a las condiciones del invernadero, debido a que se presentan tallos vigorosos y hojas anchas, reduciendo la mortalidad, disminuyendo contaminación y reduciendo costos de producción, el sistema se lo realiza de la siguiente forma:

- Corte de plantas *in vitro*: al igual que en el procedimiento de multiplicación de plantas *in vitro*, se deberá sacar las plantas del tubo de ensayo y realizar cortes en cada yema de aproximadamente 0,5 cm de longitud.

- Siembra de cortes: previo llenado de bandejas con turba esterilizada, se insertarán los cortes de plantas *in vitro* a una distancia de 1 cm x 1 cm. La turba deberá ser humedecida con una solución nutritiva (fotografía 10).



Fotografía 10. Procedimiento de multiplicación masiva a través del método SAH.

- Mantenimiento de las plantas SAH: la humedad dentro de las bandejas debe ser del 80%, no se recomienda rangos superiores porque favorece el crecimiento de algas y hongos en las bandejas. De forma adicional las plantas SAH, necesitan un ambiente controlado, para lo cual se deberá mantener la luz por un período de 12 horas, y una temperatura no mayor a 30°C.

4.2.3 Multiplicación y producción masiva de plantas (planta madre)

La producción de plantas madres, es una técnica de multiplicación rápida de papa, la que utiliza plantas del sistema SAH, que son sembradas en recipientes donde se busca obtener una gran cantidad de tallos que se desarrollan en macetas, las plantas obtenidas cuentan con una gran capacidad de adaptación, donde se favorece una nutrición enfocada a la producción de follaje, razón por la cual periódicamente se cortarán esquejes que serán enraizados con medios específicos, que luego desarrollarán plantas normales y vigorosas.

Con el fin de garantizar la calidad de las plantas, se recomienda que el sustrato sea desinfectado bajo cualquier técnica, como por ejemplo el uso de vapor de agua, aplicación de ozono o desinfección química.

Durante el desarrollo de las plantas, es necesario un monitoreo constante de plagas y enfermedades, que se lo debe realizar mediante la colocación de trampas para insectos y evaluaciones visuales del follaje. Las trampas se las debe colocar en toda la sección, de tal manera que permita una adecuada toma de decisión.

El control de plagas debe ser oportuno, dependiendo del monitoreo, para lo cual se utiliza productos que actúen según el hábito alimenticio de las plagas. Para el caso de vectores de Punta Morada de la Papa (PMP), se monitoreará tres veces por semana las trampas; de detectarse un solo adulto en las mismas se procederá de inmediato al control químico en el invernadero. El control de enfermedades y aplicación de productos específicos, se lo realiza previo un análisis y diagnóstico de la enfermedad.

Las plantas madres bien desarrolladas, estarán listas para cosecha de esquejes. Luego de cada cosecha, se debe realizar un control fitosanitario y una fertilización foliar que ayude a un nuevo rebrote.



Fotografía 11. Corte de tallos para la elaboración de esquejes.

- Proceso de esquejes: la propagación por esquejes es una técnica de multiplicación vegetal en la que se utilizan trozos de tallos con un nudo y hoja hábil (fotografía 11), los que, colocados en condiciones ambientales adecuadas son capaces de generar nuevas plantas idénticas a la planta madre.
- Corte de tallos: de las plantas madres, se realizan cortes de 1 a 1,5 cm en cada nudo de la parte superior y apical de tallos principales y secundarios, de donde se obtiene los esquejes para su posterior siembra (fotografía 12).



Fotografía 12. Corte de tallos para elaboración de esquejes.

- Siembra de cortes: en recipientes o bandejas con sustrato desinfectado, se procede a la siembra de los esquejes que previamente fueron sumergidos en una solución enraizadora a base de ácido naftalenacético (ANA) (fotografías 13 y 14).



Fotografía 13. Corte de tallos para elaboración de esquejes.



Fotografía 14. Corte de hoja de esquejes a los 15 días.

- Mantenimiento: la fertilización y control de humedad se debe revisar frecuentemente realizando las correcciones necesarias según el desarrollo del cultivo. En esta fase, el riego es de vital importancia y se lo realizará previo a la verificación del estado de humedad de los pilones (fotografía 15). Debido al corto período de tiempo que los esquejes permanecen en esta sección, los controles fitosanitarios solo se realizarán si en el monitoreo se detecta la presencia de alguna plaga o enfermedad.



Fotografía 15. Riego de esquejes con aguilon.

4.2.4 Proceso de aeroponía

La aeroponía es una técnica, que consiste en cultivar plantas en un entorno aéreo cerrado (módulos), sin hacer uso del suelo, proporcionando a las raíces colgantes una solución acuosa rica en nutrientes mediante un sistema de nebulización que se recircula.

- Siembra de esquejes: los plantines utilizados para la siembra en esta sección deben estar limpios y desinfectados. Dependiendo de los módulos, es recomendable una densidad de 16 plantines por m². La nutrición en este estado es de fundamental importancia, por lo que se debe fortalecer con aplicaciones foliares completas. (fotografía 16)



Fotografía 16. Siembra en aeroponía.

- Mantenimiento: conociendo que este sistema no requiere sustrato, la nutrición deberá ser en las concentraciones apropiadas y balanceadas según el estado fenológico del cultivo, así como el sistema de riego deberá ser programando en cantidad y tiempo.
- Control de plagas: el control de las plagas debe ser oportuno, dependiendo del monitoreo, para lo cual se utiliza productos que actúan según el hábito alimenticio de las plagas. Para el caso de vectores de PMP se monitorearán las trampas, tres veces por semana. De detectarse un solo adulto en las mismas se procederá de inmediato al control químico en el invernadero.
- Control de enfermedades: el control de enfermedades y aplicación de productos específicos, se lo realiza previo un análisis y diagnóstico de la enfermedad.

- Aporque: con la finalidad de ayudar a la planta en la tuberización y para que los brotes formen estolones en lugar de tallos, como si fuera un aporque, se procede a eliminar los tallos inferiores (basales) y luego de la cicatrización de la herida, se los hunde en la base del módulo, al estar en un ambiente obscuro, de sus brotes emergerán estolones que posteriormente formarán tubérculos.
- Tutoraje: luego de realizar el aporque, las plantas crecerán rápidamente y al no tener un sustrato de sujeción, propenderán a acamarse por lo que es necesario realizar un tutoraje, esta labor se la realiza cada 15 o 20 días conforme el crecimiento del material vegetativo. (fotografía 17)



Fotografía 17. Tutoraje en la sección de aeroponía.

- Purificación del cultivo: es una labor obligatoria en la producción de semillas, se lo realiza en etapas de crecimiento, desarrollo y floración. Es una actividad que consiste en la eliminación permanente y sistemática de plantas enfermas, atípicas y deformes que puedan ser focos de infección.

Cosecha: dependerá de la variedad, procediendo cuando los tubérculos tengan la piel firme y hayan alcanzado como mínimo un peso superior a los 35 gramos, actividad que se repite cada 21 días manteniendo el riego. Cuando las plantas lleguen a su estado de senescencia, se suspende el riego y se procede a la última cosecha (fotografía 18).



Fotografía 18. Cosecha de tubérculos-semilla en aeroponía

- Clasificación: los tubérculos cosechados, se clasifican por tamaño, eliminando aquellos que no cumplen con los estándares de calidad de acuerdo a la normativa de la Ley de Semillas.

4.2.5 Proceso de hidroponía

El sistema hidropónico consiste en sustituir el suelo por un sustrato natural- artificial y/o sólido-líquido, tales como pomina (material volcánico), perlita, vermiculita, arcillas expandidas, etc. De esta forma es posible controlar el riego y determinar la humedad con el fin de evitar el estrés hídrico.

- Preparación y remoción de sustrato: a efecto de que se obtenga una superficie adecuada para el desarrollo de las plántulas, el sustrato puede estar conformado por diversas fuentes, las más utilizadas son pomina y cascarilla de arroz.
- Desinfección de sustrato: con la finalidad de garantizar la calidad sanitaria de la semilla, el sustrato deberá ser desinfectado, con vapor de agua, con agua ozonificada o con cualquier tipo de producto químico o biológico.

- Siembra: previo a la siembra, se debe realizar una nivelación de las camas, y posteriormente la marcación y hoyado de 15 cm x 25 cm. como se muestra en la fotografía 19.



Fotografía 19. Siembra en la sección de hidroponía.

- Manejo: la fertilización deberá realizarse en las concentraciones apropiadas para el buen desarrollo y producción del cultivo, así como el riego deberá ser programando en función de las evaluaciones permanentes y según la lámina de riego establecida.
- Control de plagas: el control de las plagas debe ser oportuno, dependiendo del monitoreo, para lo cual se utiliza productos que actúen según el hábito alimenticio de las plagas. Para el caso de vectores de PMP se monitoreará tres veces por semana las trampas, de detectarse un solo adulto en las mismas se procederá de inmediato al control químico en el invernadero.
- Aporque: con el fin de ayudar a la planta en la tuberización, se llena con sustrato toda la cama hasta su límite superior, al mismo tiempo se apoya con la colocación de la malla de tutoreo. (fotografía 20)



Fotografía 20. Aporque en la sección de hidroponía.

- Tutoraje: luego de realizar el aporque se hace el primer tutoraje, de preferencia a primeras horas de la mañana para evitar maltrato de las plantas y aprovechar su turgencia. Luego deberá realizarse cada 15 a 20 días conforme el crecimiento del material vegetativo (fotografía 21).



Fotografía 21. Tutoraje en la sección de hidroponía.

- Purificación del lote: como en todo campo de multiplicación de semillas, se lo realiza en etapas de crecimiento, desarrollo y floración, eliminando plantas enfermas, atípicas y deformes que pueden ser focos de infección.
- Suspensión del riego y corte de follaje: labor que se realiza para que la piel del tubérculo se fije y endurezca.
- Cosecha: se realiza de manera manual a fin de evitar daños físicos en los tubérculos, se deberá retirar sustrato a fin de facilitar la labor (fotografía 22).



Fotografía 22. Cosecha en la sección de hidroponía.

- Clasificación: la clasificación de los tubérculos-semilla se lo realiza por tamaño, eliminando aquellos que no cumplen con los parámetros establecidos en la normativa de la ley de semillas (fotografía 23).



Fotografía 23. Clasificación de tubérculos-semilla de la sección de aeroponía e hidroponía.

- Almacenamiento: los tubérculos-semilla clasificados, son almacenados en bodegas especializadas a diferentes temperaturas dependiendo de la necesidad del tiempo de brotación para su comercialización.
- Ensacado: se coloca el material en sacos ralos de color rojo con un peso de 45 kg con su respectivo marbete.

V. CAPÍTULO 5

5.1 Tecnología de producción de tubérculo-semilla en campo

La semilla es el elemento fundamental de todo proceso productivo, por esta razón, las técnicas de producción en campo serán determinantes en el éxito de esta actividad que se detalla a continuación:

5.1.1 Planificación

La selección cuidadosa del campo de multiplicación es de gran importancia para el éxito del cultivo de papa. Se debe tomar en cuenta diversos criterios, como: topografía, altitud, temperatura, precipitación, humedad, aislamiento, bajos niveles de infestación de plagas y enfermedades, nivel de acidez del suelo, textura, contenido de materia orgánica y una capa arable por arriba de los 30 cm. Estos factores permiten un buen desarrollo radicular y la formación de tubérculos sanos (Oyarzún, P. et al 2002).

Debido al grado de movimiento de suelo que demanda el cultivo, para evitar la erosión de suelos y el cansancio del mismo, no se recomienda utilizar terrenos con pendientes mayores al 20% (Oyarzún, P. et al 2002), y de preferencia que sean suelos en descanso o que no hayan sido utilizados al menos tres años desde el último cultivo de papa.

Se debe considerar una correcta rotación de los cultivos, por un periodo mínimo de 2 a 3 años con: maíz, cebada, haba, trigo, pastos, alfalfa, chocho, quinua u hortalizas, para luego volver a sembrar papa (fotografía 24).



Fotografía 24. Campos de multiplicación de semilla de papa, aislados y protegidos.

5.1.2 Acondicionamiento del material de siembra

El material inicial que garantizará una buena producción en el cultivo de papa es el tubérculo-semilla, para ser considerada como tal, debe cumplir diversos parámetros de calidad (genética, física, fisiológica y sanitaria). Esta debe ser de origen y categoría conocida, la cual, mediante condiciones óptimas de luz, temperatura y oxígeno durante el periodo de almacenamiento, propiciará la obtención de una brotación múltiple y vigorosa (fotografías 25 y 26).



Fotografía 25. Selección negativa y eliminación de tubérculos de papa no aptos para siembra.



Fotografía 26. Selección positiva de tubérculo - semilla de papa aptos para siembra.

5.1.3 Desinfección de semilla

Se recomienda desinfectar el material de siembra con insecticidas, fungicidas y bactericidas para proteger al tubérculo-semilla de las posibles infecciones y propagación de patógenos, con productos a base de fludioxonil, tiametoxan, ácido oxolínico, entre otros.

5.1.4 Preparación de áreas y campos de multiplicación

Los terrenos que hayan sido identificados como campos de multiplicación deben ser aprobados por el inspector de semillas, siguiendo la normativa establecida.

Antes de la preparación del campo de multiplicación, es necesario realizar un análisis físico-químico y biológico del suelo (fotografía 27). Este análisis es de vital importancia para saber si un suelo presenta características bajas, medias o altas de nutrientes, así como también el pH del suelo, para así realizar enmiendas y abonaduras iniciales y el adecuado cálculo de fertilización para el establecimiento del cultivo, considerando su pendiente y perfil.



Fotografía 27. Recolección de muestras de suelo para análisis físico-químico y biológico.



Fotografía 28. Campos de multiplicación de papa con diferente topografía, propios de la Sierra ecuatoriana.

5.1.5 Enmiendas, abonaduras y uso de Trichodermas

Las enmiendas en las que se aplica cal por lo general, sirven para regular el pH del suelo y mejorar su estructura; a su vez reactiva la actividad microbiana del suelo, incrementa la disponibilidad de P y K y la capacidad de intercambio catiónico (fotografía 29).

Los abonos orgánicos pueden ser utilizados de los residuos provenientes de la finca, como estiércol de animales, restos vegetales derivados de cultivos, abonos verdes, o desechos urbanos y subproductos de la agroindustria. Al ser aplicados al suelo, estos materiales se descomponen fácilmente, formando humus y liberando nutrientes para las plantas, es así que existe una mayor disposición de macro y micronutrientes para las plantas, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, aumenta la cantidad de materia orgánica (MO) lo que ayuda a la capacidad amortiguadora de los suelos, atenuando cambios químicos y biológicos, formación y estabilización de agregados en el suelo, retención de agua, aireación de los suelos, regulación de temperatura del suelo, incremento de la población de macro y microorganismos y protección de erosión del suelo.

Para terrenos en descanso (potrero viejo o barbecho) generalmente se incorpora al suelo la materia verde existente dando vuelta mediante arado y rastra, para una adecuada transformación y mineralización. La velocidad de descomposición depende de diversos factores, especialmente la textura y humedad del suelo, así como también la presencia y actividad de microorganismos. Este proceso de descomposición puede durar aproximadamente tres meses y pasado este periodo el material es apto para ser utilizado.

A pesar de sus diversas contribuciones agronómicas, el uso intensivo de abonos orgánicos es limitado. En comparación con los fertilizantes químicos, poseen bajo contenido de nutrientes y los costos de colección, transporte y aplicación son relativamente altos. Además, los subproductos orgánicos de la industria pueden contener metales pesados que representan un peligro para la salud humana.

La aplicación de organismos antagonistas como *Trichodermas* al suelo antes de la siembra, tiene un efecto muy significativo en la calidad y sanidad de los tubérculos. *Trichoderma harzianum* es un hongo bio-regulador y antagonista de los principales fitopatógenos que afectan el cultivo de papa, como son: *Rosellinia* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Alternaria* spp., *Spongospora* spp., *Phytium* spp. y *Phytophthora infestans*, principalmente. Su velocidad de crecimiento es bastante alta, por esto es capaz de establecerse en el suelo y controlar estas enfermedades. Lleva a cabo la toma de nutrientes de los hongos (a los cuales degrada) y de materiales orgánicos ayudando a su descomposición, por lo cual las incorporaciones de materia orgánica y compostaje lo favorecen. (Martínez, B. et al 2013)

Trichoderma es un hongo benéfico que se convierte en un microorganismo de imprescindible presencia en los suelos y cultivos, mejorando las características físico químicas.



Fotografía 29. Enmienda a base de carbonato de calcio.

5.1.6 Preparación del suelo y labranza

La labranza, es la manipulación física del suelo que permite mejorar condiciones de aireación, balance hídrico y control de malezas (fotografías 30); a su vez, mediante la acción física del sol permite el control de ciertas estructuras de propagación principalmente de hongos (zoosporas de *Spongospora* y esclerocios de *Rhizoctonia*) y bacterias.



Fotografía 30. Preparación del suelo mediante arado y rastra.

Las operaciones de labranza están condicionadas a diversos factores que incluyen:

- Textura de suelos: nos permite saber cuál es el número correcto de operaciones que se deberán realizar.
- Malezas: un terreno que ha estado ocupado con pasturas permanentes presenta mejores características físicas, mayor grado de agregación y menor densidad aparente. Pastos con sistemas radiculares de rizomas, como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), requieren medidas especiales.
- Humedad: con una humedad cercana a la capacidad de campo se requiere de menor energía para romper el suelo durante la labranza. Suelos saturados pueden compactarse con la entrada de equipos pesados y bueyes.

- Pendiente: se corre el riesgo de erosión cuando se cultiva papa en pendientes superiores al 20%. Este problema se torna aún más grave cuando se utiliza el arado con el tractor en sentido de la pendiente. De hecho, esta es la causa principal de erosión de los suelos negro andinos en Ecuador.
- Herramientas: debido a su capacidad de arrastre en ladera, se debe restringir el uso del arado de discos a terrenos planos. En lotes ondulados y pendientes se recomienda utilizar tracción animal o herramientas manuales. (Oyarzún, P. et al 2002).

Las principales labores convencionales de preparación de suelo en el país son: arado, rastra y surcado.

El arado consiste en un cuerpo de discos por lo general, que rompe y afloja la capa superficial del suelo, a su vez, incorpora los residuos vegetales y controla malezas. Esta labor por lo general se la realiza en suelos compactados en el que puede incluir uno o varios pases. Es aconsejable esperar de 15 a 30 días entre aradas, a fin de permitir una adecuada descomposición de los residuos vegetales incorporados en cada labor.

La rastra, consiste en dos cuerpos de discos por lo general, que involucra pases cruzados del campo para desmenuzar los terrones del suelo, a fin de obtener una cama superficial suelta. Se debe realizar las labores de rastra a una profundidad de 10 a 15 cm para establecer condiciones favorables para la emergencia y crecimiento del cultivo. En suelos poco compactados basta de uno o dos pases de rastra para su preparación.

Para suelos medios en su estructura se recomienda realizar un paso de arada y dos de rastra, se debe tomar en cuenta que el suelo debe estar suelto o “mullido”.

La surcada se la realiza tomando en cuenta la pendiente del terreno, el sistema de labranza y la variedad a ser multiplicada. Para las variedades de papa de origen tuberosum (más utilizada en la Sierra ecuatoriana) se recomienda hacer surcos de al menos 1,45 m de ancho para que exista mayor aireación entre ellos y para facilitar los controles fitosanitarios que se requieran durante todo el ciclo del cultivo.

5.1.7 Siembra

El material empleado para la siembra, es aquel que haya reunido los 4 atributos de la calidad (genético, físico, fisiológico y sanitario) y que haya pasado los parámetros de calidad descritos en la normativa de la Ley de Semillas.

Comúnmente, la papa es multiplicada de forma vegetativa a través de tubérculo-semilla. Después de varios ciclos de uso, la misma semilla pierde su capacidad productiva debido a un deterioro en sus características propias de la variedad causada por diversas enfermedades fungosas, bacterianas o viróticas. Por eso, es importante renovar periódicamente la semilla, adquiriendo semilla certificada o de buena calidad. (Oyarzún, P. et al 2002).

La densidad de un cultivo se expresa normalmente como el número de plantas por unidad de área. En el caso de la papa, cada planta proveniente de un tubérculo, el cual forma un conjunto de tallos. Cada tallo forma raíces, estolones y tubérculos y se comporta como una planta individual que se conoce como un tallo principal. La densidad de tallos por m^2 influye directamente sobre la cantidad de tubérculos que pueden alcanzar un tamaño comercial, y por eso es un factor agronómico determinante en la producción. (Oyarzún, P. et al 2002). Es así que, se aconseja sembrar tubérculos que generen al menos 12 tallos por m^2 , para lograr esta condición es necesario promover una brotación múltiple en la etapa de acondicionamiento de la semilla (fotografía 31).



Fotografía 31. Siembra de un campo de multiplicación de semilla y estado óptimo de brotación del tubérculo-semilla

La cantidad de tallos producidos por tubérculo es variable. Depende del tamaño de semilla, variedad, número de brotes y método de siembra. Las variedades nativas se caracterizan por generar un gran número de tallos, mientras que las mejoradas tienden a producir de tres a cuatro tallos por tubérculo-semilla. Como resultado, la efectiva densidad de una parcela de papa equivale a la densidad de plantas, multiplicada por el número de tallos por planta (Oyarzún, P. et al 2002).

Cálculo de las distancias de siembra y la cantidad de semilla requerida:

Datos a considerar	
Densidad de tallos recomendada:	12 tallos / m ²
Distancia entre surcos:	1,40m
Distancia entre tubérculo-semilla:	0,30m
Peso promedio del tubérculo-semilla:	60g
# de tubérculo-semilla / brotes / m ² .	4 tubérculos / 4 brotes / m ²

En referencia al cuadro anterior se determina que:

Peso de semilla (gr)	Distancia de siembra (m)		Sitios aproximados de siembra/ha	Cantidad de semilla (aprox.)
	Entre plantas	Entre surcos		
60	0,3	1,40	23 800	30 qq

Dependiendo del tamaño de semilla, se requiere aproximadamente 30 qq de tubérculo-semilla por hectárea.



Fotografía 32. Número de tubérculos por planta en relación con el número de brotes iniciales del tubérculo-semilla.

5.1.8 Fertilización

El grado de fertilidad de un suelo se mide normalmente en función de la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Sin embargo, un suelo con alta cantidad de nutrientes no es necesariamente fértil, porque diversos factores, como la compactación, mal drenaje, sequía, enfermedades o insectos pueden limitar la disponibilidad de nutrientes. Por ello, el concepto de fertilidad debería incluir criterios químicos, físicos y biológicos. El cultivo intensivo, erosión continua y pobre manejo agronómico, entre otras prácticas pueden contribuir a la pérdida de fertilidad de un suelo.

Este capítulo se centra en la provisión de nutrientes al cultivo de papa, a través de aplicaciones de fertilizantes químicos y orgánicos. En general los cultivos extraen grandes cantidades de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K) y algunos micronutrientes como zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B). La fertilización de la papa es una práctica generalizada en el país y muy variada en cuanto a dosis, fuentes y épocas de aplicación. En algunas zonas, en particular en Carchi (fotografía 33), se usan grandes cantidades de fertilizantes químicos, provocando desbalances iónicos que afectan la absorción de otros nutrientes. Los papicultores del país utilizan un promedio de 30 000 t de fertilizantes cada año. (Oyarzún, P. et al 2002).



Fotografía 33. Fertilización inicial de un campo de multiplicación de semilla de papa.

5.1.9 Características generales de los suelos

En Ecuador, alrededor del 80% de los suelos cultivados con papa son de origen volcánico (Andisoles). Son negros con materiales amorfos, tienen alta capacidad de fijación de fósforo y altos contenidos de materia orgánica (8 a 16% por volumen). Son suelos localizados en zonas frías, lo que debido a una baja actividad microbiana retarda la descomposición de la materia orgánica y promueve su acumulación a través de los años. Generalmente son suelos franco arenoso, franco arcilloso y franco limoso. Por su textura y topografía poseen buen drenaje natural. Habitualmente, la porosidad, permeabilidad y capacidad de retención de la humedad son altas.

Con respecto a sus características químicas, aproximadamente el 50% de los suelos tiene contenidos bajos de nitrógeno, a pesar de los altos contenidos de materia orgánica. El 80% tiene contenidos bajos de fósforo y el 70% niveles altos de potasio, calcio y magnesio. El azufre es considerado como un elemento generalmente limitante en la producción de papa, debido a su pérdida por lixiviación y extracción por los cultivos. En el caso de micronutrientes, existen deficiencias comunes para zinc, manganeso y boro (Oyarzún, P. et al 2002).

El pH del suelo expresa la concentración de los iones de hidrógeno (H⁺) y está expresada en términos logarítmicos en una escala de 0 a 14. Números bajos de pH (de 0 a 7) significa acidez, siete neutral y números altos (de 8 a 10) alcalinidad. La mayoría de suelos de las zonas paperas tienen valores de pH entre ácidos y ligeramente ácidos (< 6,4). La papa cultivada en un suelo ácido tiene dificultad en absorber la mayoría de nutrientes que demanda la papa.

5.1.10 Requerimientos nutricionales

La extracción de nutrimentos del suelo por el cultivo de papa depende de la variedad, fertilidad del suelo, condiciones climáticas, rendimiento y manejo del cultivo. La extracción total de fósforo es inferior a la de nitrógeno y potasio. Sin embargo, debido al alto grado de fijación del fósforo en los suelos del país, las cantidades de fertilizantes fosfatados aplicados al suelo en Ecuador son mayores a las de nitrógeno y potasio. La mayor demanda nutricional del cultivo de papa se presenta a partir de los 50 días, cuando inician la tuberización y crecimiento del follaje.

5.1.11 Importancia de la aplicación de silicio

Durante los últimos años se ha llegado a identificar la importancia que tiene el silicio como principal promotor de inmunidad contribuyendo al metabolismo para la formación de tricomas y fitolitos, capaces de actuar como defensa y fortalecimiento frente a situaciones de estrés.

El silicio también aumenta el aporte de oxígeno en las raíces reforzando las paredes de los canales de alimentación de aire, permitiendo así a la planta respirar en suelos saturados de agua, aumenta el espesor de la cutina del tallo y el tamaño del sistema vascular, evitando así el encamado.

El silicio incrementa el tránsito del fósforo en la planta, mejorando así la asimilación de este nutriente y permitiendo a la planta resistir a las enfermedades. El silicio reduce el consumo de manganeso y de hierro puesto que estos dos elementos tienen un efecto desfavorable sobre la disponibilidad de fósforo en las plantas. (Infoagro, 2020).

En campos de multiplicación de semilla en la EESC, se ha encontrado resultados positivos de aumento en la producción hasta un 5 % con dos aplicaciones de Si de manera foliar, en pre y pos floración.

5.1.12 Prácticas culturales

Las labores culturales son actividades que se realizan después de que las plantas han emergido. Permiten mantener el cultivo libre de malezas, plagas y enfermedades. Las principales prácticas culturales asociadas con el manejo agronómico son: retape, rascadillo, fertilización complementaria, medio aporque y aporque alto.

5.1.13 Rascadillo

El rascadillo consiste en remover superficialmente el suelo, lograr el control oportuno de malezas y permitir la oxigenación del suelo. Esta labor se realiza a los 30 o 35 días después de la siembra, cuando las plantas tengan de 10 a 15 centímetros de altura. No obstante, el momento del rascadillo puede variar de acuerdo con la calidad de preparación del suelo y de la humedad reinante. (fotografía 34)



Fotografía 34. Control cultural (medio aporque) de un campo de multiplicación de semilla de papa.

5.1.14 Fertilización complementaria y medio aporque

Consiste en arrimar la tierra a las plantas, dejando camellones bien formados. Generalmente en el país se practica dos momentos de aporque. Sin embargo, con las variedades modernas de ciclo corto (menos de 100 días), es posible aporcar una sola vez. Si en estos casos existen problemas de drenaje, un segundo aporque puede ser aconsejable. El período óptimo para realizar el aporque depende del desarrollo de la planta, en particular la formación de estolones y la tuberización. En general, el medio aporque debe realizarse entre 50 a 60 días y el aporque a partir de los 70 hasta los 80 días. Al medio aporque se debe incorporar la fertilización complementaria como se muestra en la fotografía 35.



Fotografía 35. Fertilización complementaria en un lote de semilla de papa.

5.1.15 Aporque alto

Tienen los propósitos de incorporar una capa de suelo a fin de cubrir los estolones en forma adecuada, ayudando de esta manera a crear un ambiente propicio para la tuberización. Además, sirve para controlar malezas, proporcionar sostén a la planta y facilitar la cosecha (fotografía 36).



Fotografía 36. Aporque alto en un lote de semilla de papa.

5.1.16 Riego

Un cultivo de semilla de papa localizado a 3 000 msnm necesita entre 600 y 700 mm de agua, distribuida en forma más o menos uniforme a lo largo del ciclo vegetativo. La etapa crítica, durante la cual no debe faltar agua, corresponde al periodo de floración-tuberización.

5.1.17 Trampeo

Esta práctica se la realiza principalmente para controlar y monitorear la presencia de insectos que afectan la calidad del tubérculo o son transmisores de enfermedades (fotografía 37). Durante el ciclo del cultivo, existen cuatro tipos de insectos con mayor impacto negativo y que si no se realiza su control puede ocasionar pérdidas considerables en rendimiento y sanidad.



Fotografía 37. Trampeo en un lote de semilla de papa.

5.1.18 Purificación del campo

Es una práctica obligatoria en la producción de semillas, consiste en recorrer el campo de multiplicación semanalmente desde el momento de emergencia de las plantas identificando todas las plantas atípicas o enfermas y eliminándolas junto con el pan de tierra. Esta labor asegura la eliminación sistemática de plantas que pueden ser focos de infección y garantizará la calidad genética, sanitaria y física por efecto de la separación de plantas atípicas (fotografía 38).



Fotografía 38. Eliminación de plantas atípicas, voluntarias y purificación de lote.

VI. CAPÍTULO 6

6.1 Plagas y enfermedades de la papa y su control

Las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de papa, se describen a continuación:

6.2 Insectos plaga

6.2.1 Polilla guatemalteca, polilla andina y polilla común de la papa (*Symmetrischema tangolias*, *Tecia solanivora*, *Phytorimaea operculella*)

El principal daño de las polillas, es la formación de galerías dentro del tubérculo, dañando la calidad de este y dejando lesiones que se contaminan con hongos.

Control cultural:

- Eliminación de tubérculos dañados.
- Realizar siembras más profundas y aporque más alto.
- Limpiar y desinfectar la bodega de almacenamiento.
- Envasar en sacos ralos.

Control biológico:

- Baculovirus,
- Hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium* spp.)
- Nemátodos de los géneros *Steinernema* y *Heterohabditis*, etc.

Control químico: Solamente para semilla.

- Aplicación de acefato o profenofos (1 cc/l)
- Tratamiento de los tubérculos-semillas con pastillas de fosfamina y recubrimiento con lonas o plástico.



Fotografía 39. Larva de polilla de la papa.

6.2.2 Pulgones o áfidos (*Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*)

Los pulgones o áfidos son insectos chupadores, no provocan daños directos, sino que son transmisores de virus. Cuando hay poblaciones altas, ocasiona daños y deformaciones en brotes.



Fotografía 40. Pulgones en estado adulto.

Control cultural:

- Limpiar y desinfectar la bodega de almacenamiento.
- Envasar en sacos ralos.

Control biológico:

- Coccinélidos “mariquitas”, chinches y avispas del género *Aphidius*.

Control químico:

En condiciones de campo, se recomienda aplicar insecticidas sistémicos y de contacto a base de imidacloprid o acetamiprid (1 cc/l de agua).

6.2.3 Gusano blanco (*Premnotrypes vorax*)

El gusano blanco de la papa ocasiona daños principalmente en estado de larvas, estas forman galerías en los tubérculos, atacan a todas las variedades de papa y pueden llegar a causar grandes pérdidas económicas.



Fotografía 41. Adulto y larva de gusano blanco.

Control cultural:

El control cultural de gusano blanco, se basa en el trampeo que se lo realiza dos meses antes y un mes después de la siembra. Consisten en colocar tallos de papa jóvenes y suculentos fumigados con insecticida bajo una tapa de cartón o costal sujetándolas con una piedra o terrones en los extremos. Las trampas deben ser colocadas cada 10 metros a manera de cuadrícula. Se debe recoger y eliminar los gusanos adultos y renovar cada 10 días las trampas.

Existe también la posibilidad de utilizar plantas cebo para controlar las poblaciones de gusano blanco, con plantas que se trasplantan en el lote 30 días antes de la siembra, estas plantas deben ser fumigadas a base de insecticidas (acefato, profenofos, triflumuron, etc) en dosis de 1 a 1,5 g por litro de agua.

Control biológico:

Nemátodos del género *Steirnerinema* y *Heterorhabditis* y hongos entomopatógenos como *B. bassiana* y *Metarhizium* spp.

Control químico:

Cuando el 80% de las plantas hayan emergido, hacer la primera aplicación a base de insecticidas de contacto si el daño es físico o sistémico si existe ataque interno. Si llegara a persistir los daños se debe aplicar cada 40, 60 y 90 días con: fipronil (2 cc/l de agua), lambdacialotrina + tiametoxan (1,5 cc/l de agua), etc.

6.2.4 Psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)

También llamado paratrioza, es el principal insecto vector de patógenos asociados con la sintomatología de la enfermedad conocida como “punta morada de la papa” y “papa manchada o zebra chip”. Infringe daño desde su estado de ninfa al succionar la savia de las plantas, en especial solanáceas.

Control cultural:

Para el trapeo de insectos voladores, como es el caso de los psílicos, es necesario la implementación de trampas amarillas cada 20 m dispuestas desde las orillas hacia el centro alrededor del campo de multiplicación.

Se recomienda distribuir al menos cuatro trampas a las orillas y cuatro trampas al centro del campo de multiplicación, mientras mayor número de trampas, mayor será la identificación de los insectos y mejor la decisión de aplicaciones y control (Cuesta, et al 2021). Además, se debe enfatizar en lo siguiente:

- Monitoreo constante de la plaga desde su arribo.
- Eliminación de plantas enfermas, atípicas y con posibles síntomas de PMP.
- Eliminación de plantas hospederas y chaparros.
- Colocación de trampas amarillas.

Control biológico:

Uso de hongos entomopatógenos (*Isaria fumosorosea*, *Metarhizium anisopliae*, depredadores como coccinélidos, crisoperlas, chinches, ácaros, etc.)

Control químico:

Para el control químico es necesario diseñar una estrategia de manejo, donde se establecerá un programa de rotación de insecticidas con base a un diagnóstico de la plaga resultante del monitoreo, para lo cual se debe considerar el hábito alimenticio y ciclo de vida del insecto, así como también, la fase fenológica del cultivo. Este análisis permitirá determinar el producto a ser usado, observando el grupo químico, mecanismo de acción, tecnología de aplicación, disponibilidad en el mercado e impacto ambiental.



Fotografía 42. Ciclo de vida del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)

6.2.5 Pulguilla (*Epitrix tuberis*)

Este insecto al ser adulto se alimenta de las hojas ocasionando agujeros pequeños y redondos. En estado de larva el ataque es en la superficie del tubérculo.



Fotografía 43. Daño en hojas del cultivo de papa causado por el adulto de pulguilla (*Epitrix tuberis*) Fuente: <https://www.invesa.com/>

Control cultural:

El trampeo que se realiza para gusano blanco también elimina adultos de pulguilla.

Control biológico:

Nematodos entomopatógenos del género *Heterorhabditis*.

Control químico:

Productos insecticidas a base de lambdialotrina, tiametoxan, carbosulfan, etc. (2 cc/l de agua).

6.2.6 Trips (*Frankliniella tuberosi*)

Este insecto se encuentra en hojas y flores, su ataque es agresivo en los primeros meses y en época seca. En estado de ninfa se alimenta de la epidermis de las hojas ocasionando decoloración (color plateado con apariencia de quemado).



Fotografía 44. Adulto de trips en cultivo de papa
Fuente: www.juntadeandalucia.es

Control cultural:

Se basa en la colocación de trampas amarillas para bajar poblaciones de insectos.

Control biológico:

Chinches del género *Orius* y ácaros benéficos del género *Neoseiulus*.

Control químico:

Productos insecticidas a base de fipronil o acetamiprid (1,5 cc/l de agua).

6.2.7 Gusano de la hoja (*Copitarsia* sp)

En etapa adulta es una mariposa nocturna de color café, cuando es larva es muy voraz y se alimenta del follaje de la planta, malas hierbas y otros cultivos. Su aparición y ataque se da principalmente en períodos de sequía.

Control cultural:

Colocación de trampas amarillas para bajar poblaciones de insectos.

Control químico:

Productos insecticidas a base de profenofos (1.5 cc/l de agua).

6.2.8 Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*)

Es una mosca que tiene una mancha amarilla en su espalda, cuando está en etapa de larva causa daño al alimentarse del parénquima de las hojas, entre el haz y el envés, formando galerías en forma de serpentina.

Control cultural:

Colocación de trampas amarillas para bajar poblaciones de insectos.

Control biológico:

Parasitoides de los géneros *Diclyphus* y *Dacnus*.

Control químico:

Productos insecticidas (para control de larvas) a base de cartap 2 cc/l, abamectina 2,5 cc/litro de agua, entre otros.



Fotografía 45. Daño foliar por ataque de mosca minadora.

6.2.9 Nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*)

Se encuentra en casi todas las áreas sembradas con papa en la Sierra ecuatoriana, afecta el desarrollo de las raíces, generalmente en el campo se identifica el daño visualizando grupos de plantas que quedan pequeñas, algunas marchitas y con decoloración (asemejando deficiencias nutricionales).



Fotografía 46. Campo de multiplicación con daño evidente de nemátodos.

Control cultural:

- Rotación de cultivos.
- Correcta preparación del suelo.
- Eliminación de plantas voluntarias de papa.

Control biológico:

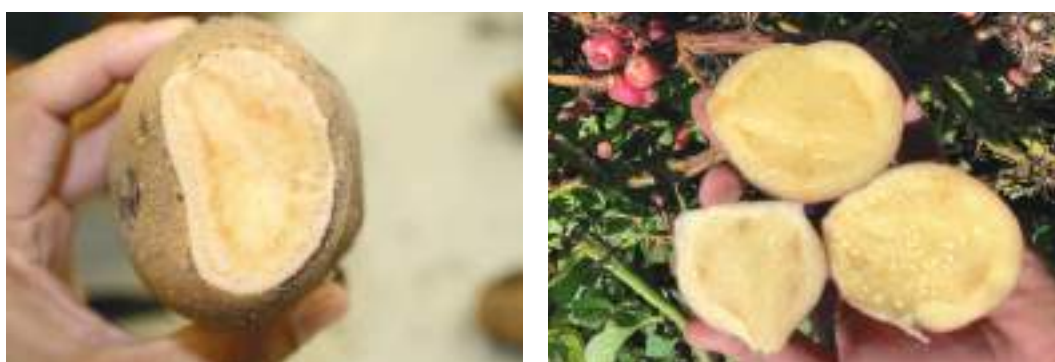
Antes de la siembra se recomienda la aplicación de *Trichodermas* o *Arthrobotrys*.

Control químico:

Generalmente el control químico debería ser la última opción porque las características y ubicación de los nemátodos es difícil para un adecuado control. Se puede aplicar en altos volúmenes de agua productos a base de: benfuracarf, carbosulfan y abamectina.

6.3 Enfermedades bacterianas y fitoplasma

6.3.1 Punta Morada de la Papa (PMP) y/o Zebra Chip. (*Candidatus Liberibacter solanacearum*), (*Candidatus Phytoplasma*)



Fotografía 47. Muestreo de tubérculos con síntomas de zebra chip.

Afecta a la mayoría de variedades de papa y se registran pérdidas económicas del 50 al 100%. Los síntomas son: coloración amarillenta o morada en partes jóvenes de la planta, ramificaciones como escoba de bruja, abultamiento de nudos y entrenudos, formación de tubérculos aéreos y en tubérculos ya formados al partarlos se identifica un halo de color café o pardeamiento general en la pulpa.

Control cultural:

La enfermedad está asociada a la transmisión por el psílido de la papa, en eso se basa el control, el cual debe ser fortalecido con labores culturales para mitigar los daños causados por el patógeno, mediante el siguiente esquema:

- Utilizar semilla de calidad, que provenga de lotes que no hayan presentado síntomas de PMP y eliminación de tubérculo-semilla con brotación hialina.
- Rotación de cultivos.
- Realizar surcos más anchos (1,40 m) para permitir aireación y facilitar las labores del cultivo.
- Monitoreo constante de la plaga desde su arribo.
- Eliminación de plantas enfermas, atípicas y con posibles síntomas de PMP.
- Eliminación de plantas hospederas y chaparros.
- Colocación de trampas amarillas, para monitoreo de insectos adultos y revisión constante de hojas inferiores para la identificación huevos y ninfas.
- Realizar un correcto manejo de post cosecha para identificar y eliminar tubérculos con síntomas de PMP (halo oscuro y pardeamiento de la pulpa).



Los tubérculos que hayan sido considerados como semilla, deben ser monitoreados durante todo su periodo de brotación, escogiendo los tubérculos con brotación múltiple y vigorosa (selección positiva) y eliminando los tubérculos que no cumplen con los estándares de calidad, sin brotación o con brotación ahilada (selección negativa).

Control biológico:

Uso de hongos entomopatógenos (*Isaria fumosorosea*, *Metarhizium anisopliae*, depredadores como coccinélidos, crisoperlas, chinches, ácaros, etc.)

Control químico:

Productos a base de insecticidas que alternen ingredientes activos como: tiametoxan, abamectina, ciantranipole, sulfoxaflor, spriomesefin, buprofezin, spirotetramat, spinosad, fipronil, lamdacialotrina, carbosulfan, acefato, profenofos, acetamiprid, etc. Es importante también la aplicación de productos bioracionales que se encuentren en el mercado y que aumenten los mecanismos de defensa de la planta como fosfitos de Ca, Cu y K; así como también, el uso de bactericidas como ácido oxolínico, kasugamicina, sulfato de cobre pentahidratado y sulfato de gentamicina más clorhidrato de oxitetraciclina.

6.3.2 Pie negro (*Pectobacterium* spp.)

Se desarrollan en suelos húmedos y encharcados con poco drenaje, bajas temperaturas, el uso de semilla infectada y almacenada con tubérculos contaminados.



Fotografía 48. Daño de pie negro (*Pectobacterium* spp) en plantas y tubérculos.

Control cultural:

- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación.)
- Realizar los surcos con pendientes moderadas para evitar encharcamiento.
- Manejo postcosecha adecuado y selección de tubérculos en almacenamiento.
- Limpiar y desinfectar la bodega de almacenamiento.
- Envasar en sacos ralos.

Control químico:

En condiciones de campo, se puede hacer aplicaciones de productos bactericidas como: sulfato de cobre pentahidratado, kasugamicina y ácido oxolínico.

6.3.3 Sarna común (*Streptomyces scabies*)

Los daños causados por esta bacteria se presentan como pústulas o grietas de consistencia corchosa alrededor de los tubérculos.



Fotografía 49. Tubérculo con daño severo de sarna común (*Streptomyces scabies*).

Control cultural:

- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación.)
- Preparación de terrenos con al menos tres meses de anticipación.
- Realizar los surcos con pendientes moderadas para evitar encharcamiento.
- Rotación de cultivos
- Evitar el exceso de humedad del suelo.

Control químico:

En condiciones de campo, se puede hacer aplicaciones a base de bactericidas como: sulfato de cobre pentahidratado, kasugamicina y ácido oxolínico.

6.3.4 Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)

Es una enfermedad bacteriana muy grave en el cultivo de papa, principalmente en zonas más abrigadas, se transmite por medio del agua que fluye entre los surcos y de un campo a otro a través de la maquinaria agrícola, animales y el hombre.



Fotografía 50. Planta y tubérculo afectada por *Ralstonia solanacearum*. Fuente: CIP y FIDA.

Control cultural:

- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación.)
- Preparación de terrenos con al menos tres meses de anticipación.
- Realizar los surcos con pendientes moderadas para evitar encharcamiento.
- Rotación de cultivos.
- Evitar el exceso de humedad del suelo.

Control químico:

En condiciones de campo, se puede hacer aplicaciones a base de bactericidas como: sulfato de cobre pentahidratado, kasugamicina y ácido oxolínico.

6.4 Enfermedades fungosas

6.4.1 Lancha temprana o tizón temprano (*Alternaria solani*)

Alternaria se presenta como manchas de color pardo oscuro, rodeadas de un halo clorótico sobre las hojas de las plantas maduras. Muchas veces se encuentran anillos concéntricos al interior de las manchas. Cuando existe humedad se forman pelusas que es la unión de los micelios del hongo que está en pleno desarrollo. Su diseminación es mayor cuando existe variaciones de temperatura (del calor al frío o viceversa).



Fotografía 51. Afectación del cultivo de papa por *Alternaria solani*.
Fuente: INIAP 2011.

Control cultural:

- Seleccionar lotes aislados.
- Utilizar variedades resistentes a la enfermedad.
- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación)
- Realizar los surcos con pendientes moderadas para evitar

Control químico:

Productos fungicidas a base de clorotalonil o azoxystrobin (2 cc/l de agua) ya sea de manera preventiva o curativa.

6.4.2 Lancha, tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

La lancha, es la enfermedad más común en las áreas sembradas con papa en todo el mundo. Se produce por un pseudo hongo que afecta a hojas, tallos, peciolo, ramas y tubérculos. En las hojas se puede identificar manchas irregulares de tamaño variable y de color verde oscuro con bordes pálidos hasta tornarse totalmente de color café. En presencia de humedad, se forman “pelusas” (unión de micelio del hongo que esta esporulando). Puede llegar a ocasionar pérdidas totales del cultivo. Su diseminación se acelera cuando existe variación en la temperatura (del calor al frío y viceversa).



Fotografía 52. Afectación foliar de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa.

Control cultural:

- Seleccionar lotes aislados.
- Utilizar variedades resistentes a la enfermedad.
- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación.)
- Realizar los surcos con pendientes moderadas para evitar encharcamiento.

Control químico:

Productos fungicidas a base de clorotalonil, mancoceb, propineb, etc (si se realizan controles protectantes) y aplicaciones a base de cymoxanil + mancoceb, cymoxanil + propineb, metalaxil +mancoceb, dimetomorf, fosetil aluminio etc; (si se realizan controles curativos).

6.4.3 Rhizoctonia o costra negra (*Rhizoctonia solani*)

Su daño se evidencia en hojas superiores marchitas y enrolladas, estrangulamiento en la base de los tallos. Hojas cloróticas, presencia de tubérculos aéreos y al momento de la cosecha, los tubérculos suelen tener costras de color negro.



Fotografía 53. Síntomas de costra negra (*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de papa.

Control cultural:

- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación.)
- Realizar los surcos con pendientes moderadas para evitar encharcamiento.
- Eliminación de plantas enfermas.
- Evitar el exceso de humedad del suelo.
- Levantar todos los tubérculos del suelo al momento de la cosecha.

Control biológico:

Aplicación de trichodermas al suelo antes y al momento de la siembra. (0,5 a 1 g/l de agua) a concentraciones de $2 \cdot 10^9$ UFC.

Control químico:

Aplicaciones de Productos fungicidas a base de azoxystrobin + difeconazole al momento de la siembra. (2 cc/litro de agua).

6.4.4 Carbón (*Thecaphora solani*)

Enfermedad que se presenta en zonas altas, secas y frías. Se producen agallas en la parte baja de los tallos, estolones y tubérculos. Al cortar las agallas se observa un tejido de aspecto granuloso y color negruzco (soros del hongo).



Fotografía 54. Presencia de carbón (*Thecaphora solani*) en papa.

Control cultural:

- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación).
- Evitar el monocultivo de papa.
- Rotación de cultivos
- Eliminar los rastrojos del cultivo anterior y malezas.

6.4.5 Roya (*Puccinia pittieriana*)

La enfermedad se presenta cuando existe una alta cantidad de humedad y si existe viento su dispersión es mayor, afectando principalmente a las hojas de la planta al inicio de la floración. Se forman pústulas redondas, ovaladas o alargadas en hojas inferiores. La coloración de las hojas es como si se espolvoreara polvo de ladrillo.



Fotografía 55. Presencia de roya (*Puccinia pittieriana*) en plantas de papa.

Control cultural:

- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación.)
- Realizar los surcos con pendientes moderadas para evitar encharcamiento.
- Eliminación de plantas enfermas.

Control químico:

Productos fungicidas a base de propiconazole o epoxiconazol + pyraclostrobin (2,5 cc/litro de agua).

6.4.6 Oidio o mildiu pulverulento (*Golovinomyces cichoracearum*)

Se presenta en cualquier etapa del cultivo principalmente cuando existe variación de temperatura (época seca, seguida de lluvia), cuando hay mucho viento y si el cultivo se encuentra con deficiencias nutricionales. Se forman manchas blancas como polvo en ambos lados de las hojas. Si la enfermedad está avanzada las hojas pueden necrosarse y se caen.



Fotografía 56. Presencia de oidio (*Golovinomyces cichoracearum*) en plantas de papa.

Control cultural:

- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación.)
- Realizar los surcos con pendientes moderadas para evitar encharcamiento.
- Eliminación de plantas enfermas.

Control Químico:

Productos fungicidas a base de piroclostrobin o penconazole (2 cc/litro de agua).

6.5 Enfermedades causadas por protozoarios

6.5.1 Sarna polvorienta, roña (*Spongospora subterranea*)

El problema es muy serio en suelos negro-andinos donde la materia orgánica es alta. Se presentan agallas alrededor de las raíces, tubérculos deformes y manchados con pústulas de masas polvorientas de color café púrpura.



Fotografía 57. Presencia de sarna polvorienta o roña (*Spongospora subterranea*) en raíces y tubérculos de papa.

Control cultural:

- Utilizar semilla de calidad (sana, de la misma variedad, de tamaño uniforme y con buena brotación.)
- Preparación de terrenos con al menos tres meses de anticipación.
- Realizar los surcos con pendientes moderadas para evitar encharcamiento.
- Rotación de cultivos
- Evitar el exceso de humedad del suelo.

Control biológico:

Aplicación de trichodermas al suelo antes y al momento de la siembra. (0,5 a 1 g/l de agua) A concentraciones de $2 \cdot 10^9$ UFC.

Control químico:

Aplicaciones de productos fungicidas a base de fludioxonil, azoxystrobin + difeconazole al momento de la siembra. (2 cc/litro de agua) más productos estimuladores de raíces.

6.6 Enfermedades viróticas

6.6.1 PLRV, PVY, PVX y PVS

Son microorganismos que causan degeneración de la semilla de papa. Por lo general los síntomas se presentan desde la emergencia hasta el inicio de la floración. Su diseminación es por el uso de semilla infectada, insectos vectores como pulgones, áfidos, mosca blanca y por el contacto con plantas enfermas.



Fotografía 58. Daño foliar por enfermedades viróticas en papa.

Control Cultural:

- Utilizar semilla de calidad.
- Purificación de lotes, eliminando plantas con posibles síntomas.
- Manejo de postcosecha para una correcta selección.

VII. CAPÍTULO 7

7.1 Cosecha y postcosecha

La duración del ciclo del cultivo para llegar a su madurez, varía dependiendo de la variedad, factores climáticos, temperatura y ubicación (altitud), por lo general la variedad Superchola dura aproximadamente 180 días para llegar a su madurez y ser cosechada e INIAP- Fripapa, 150 días aproximadamente con temperaturas de 11°C y una altura de 3 000 m.

Tradicionalmente, los productores de papa del Ecuador dejan sus cultivos en el campo hasta ver la senescencia de la planta; es decir, cuando los tallos se viran y las hojas se vuelven amarillas. Sin embargo, para la cosecha de un campo de multiplicación de semilla es recomendable tomar en cuenta su madurez fisiológica, así como también su tamaño, forma y apariencia. Por eso es importante que el productor revise periódicamente el desarrollo de los tubérculos para determinar cuando hayan alcanzado las características necesarias para ser cosechados.

Los tubérculos cosechados deben ser retirados rápidamente del terreno con el objeto de exponerlos lo menos posible a daños ocasionados por el ambiente, plagas y enfermedades.



Fotografía 59. Campo de multiplicación de semilla de papa.

Durante la cosecha, se debe tener cuidado de no lastimar los tubérculos, se debe recoger todos los tubérculos para así evitar que los residuos sirvan de reservorio para plagas y enfermedades (fotografía 60).



Fotografía 60. Cosecha de tubérculo-semilla en campos de multiplicación.

7.2 Selección, clasificación y envasado

Todos los tubérculos cosechados son depositados a granel en la bodega de almacenamiento, es aquí que el material se selecciona y clasifica de acuerdo al peso y su tamaño.

Tamaño de semilla	Peso
Grande	91 a 120 g *
Mediana	61 a 90 g
Pequeña	40 a 60 g

*En caso de semilla registrada, el peso puede variar de 120 a 200 g.

Los tubérculos que hayan sido seleccionados como semilla, deben ser ensacados o envasados en sacos ralos con un peso de 45 kg. Durante la clasificación, se debe eliminar los tubérculos que hayan tenido daños físicos (tajados partidos o deformes), de igual manera se deben eliminar los tubérculos podridos y con algún síntoma de enfermedades que ataquen a la semilla. Los tubérculos que hayan alcanzado pesos mayores a 120 g y aquellos menores a 40 g no son considerados como semilla, pero se pueden comercializar como papa para consumo.



Fotografía 61. Control de calidad de sacos de tubérculo-semilla.

Debido a las nuevas enfermedades que han afectado al cultivo de papa (PMP), se considera realizar varias selecciones de los tubérculos-semilla clasificados, poniendo mayor énfasis durante el periodo de brotación, pues en esta etapa se llega a identificar a ciencia cierta las anomalías como la brotación ahilada, causada por la enfermedad de la punta morada de la papa.

7.3 Almacenamiento

Es recomendable almacenar la semilla en ambientes con temperaturas de 7 a 12 °C y con humedades entre 80 y 85 %, así como también que no tengan mucha iluminación. Los sacos son colocados uno tras otro, no se aconseja apilonarlos.

Durante este periodo se deben realizar varias fumigaciones dentro de las bodegas a base de insecticidas para evitar posibles ataques de polilla y si se llegara a identificar tubérculos cristalizados o con brotaciones anormales se deben eliminar de manera urgente.

El éxito de una semilla es su calidad, y cualquier problema que aparezca durante la selección debe ser monitorizado y eliminado si fuese del caso. Las pérdidas económicas causadas por una rigurosa selección se verán aplacadas al ofrecer al agricultor una semilla de calidad producida con ética y conciencia para así mitigar problemas sanitarios en nuevos lotes o campos destinados para la multiplicación de semillas.



Fotografía 62. Almacenamiento de tubérculos-semilla.

VIII. CAPÍTULO 8

8.1 Distribución y comercialización de tubérculos-semilla de papa.

En el mercado de semilla de papa hay diferentes actores, como los son: agricultores, multiplicadores de semilla y agentes de intermediación. Con el producto semilla de papa al igual que con otros, la comercialización cumple ciertas funciones, tales como de acopio, de transporte, de almacenamiento y de información.

Al realizarse el ejercicio de la comercialización de semilla de papa, y cumplir con las funciones mencionadas, se le provee de utilidades adicionales de forma, tiempo y posesión, las que imprimen un valor agregado al producto. Un plan de mercadeo del producto tubérculo-semilla de papa de calidad debe contemplar la identificación, caracterización y tratamiento de los cuatro elementos básicos que son: producto, plaza, promoción y precio. El precio es el elemento más controversial en la comercialización de la semilla de papa, sin embargo, si se cuenta con los datos necesarios como el precio de la papa de mesa, el precio de la semilla común de los agricultores, la productividad que se genera con la semilla de calidad, se puede llegar a determinar el precio “justo” con el que se sentirían satisfechos compradores y productores del tubérculo-semilla de papa.

Referencias

- Andrade-Piedra, J. y Torres, L. (eds.). 2011. Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador (en línea). Consultado el 6 de septiembre de 2021. Disponible en: <https://cipotato.org/pa-paenecuador>.
- Andrade-Piedra, J.L., Kromann, P. y Otazú, V. (Eds.). (2015). Manual para la Producción de Semilla de Papa usando Aeroponía: Diez años de Experiencias en Colombia, Ecuador y Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Quito, Ecuador. 267 p.
- Barrera, V., León-Velarde, U., Grijalva, J. y Chamorro, F. 2004. Manejo del sistema de producción «Papa- Leche» en la Sierra ecuatoriana. Quito. INIAP, CIP, PROMSA. 195 p.
- Cárdenas, J. 1987. Manual de control de malezas en papa. Quito. INIAP. 44 p.
- Cavatassi, R., González, M., Winters, P., Andrade-Piedra, J., Espinoza, P. y Thiele, G. 2009. Vinculando a los pequeños productores a la nueva economía agrícola: Una evaluación del programa de plataformas en el Ecuador. ESA documento de trabajo No. 09-03 FAO.
- Cuesta X., Peñaherrera D., Velásquez J., Racines M., Castillo C. (2021) Guía de manejo de la punta morada de la papa. Segunda edición. Manual técnico No. 104. Quito (Ecuador). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 20 p.
- Cuesta X., Monteros, C. 2021 Manual del cultivo de papa para pequeños productores. Capítulo 1, Generalidades. Manual No. 78, 3ra. Edición. INIAP. Mejía-Ecuador. 120p.
- III Censo Nacional Agropecuario (CNA) 1999-2000. Información del CNA para el consejo consultivo de semillas uso de semilla rubro-Papa. 8 p.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1996. Manual de las principales enfermedades, nemátodos e insectos de la papa. Lima. 111 p.

- CIAT. 1981. Elementos esenciales para el éxito de un programa de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Guia de Estudio. Serie 04Sse-04.01. Cali Colombia 32p.
- Fankhauser, C. 2000. Seed-transmitted diseases as constraints for potato production in the tropical highlands of Ecuador. Swiss Federal institute of technology Zurich. 125 p.
- FAO 2008. Año Internacional de la Papa 2008. El Cultivo. Recuperado el 6 de septiembre de 2021 de <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/cultivo.html>.
- Gallegos, P., Asaquibay, C., Chamorro, F., Rodríguez, P. y Williams, R. 2005. Asolación de los tubérculos de semilla de papa como método de control para la polilla, Teciá solanivora. Quito. INIAP, CIP. Plegable 260
- Gildemacher, P., Demo, P., Kinyae, P., Wakahiu, M., Moses, N., y Zschocke, T. 2007. Select the best - Positive selection to improve farm saved seed potatoes. Trainers manual. Lima. CIP. 110 p.
- Hidalgo, O. 1999. Producción de semilla básica por selección positiva, negativa y clonal. Fascículo 5.2 en: Producción de tubérculos-semillas de papa Manual de capacitación CIP Centro Internacional de la Papa. Lima. CIP. 13 p.
- Huaraca, H., Montesdeoca, F. y Pumisacho, M. 2009. Guía para facilitar el aprendizaje sobre el manejo del tubérculo-semilla de papa. Quito. INIAP, SENACYT. 171 p.
- Infoagro, 2020. Uso eficiente del silicio en un cultivo. Recuperado el 6 de septiembre de 2021 en <https://mexico.infoagro.com/uso-eficiente-del-silicio-en-un-cultivo/>.
- Instituto Nacional autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2006. Uso de brotes para la producción de tubérculos- semilla de calidad. Quito. PNRT. Plegable.
- Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable. 2017. Función Legislativa, Asamblea Nacional. Registro Oficial Suplemento, Año I No. 10, Quito-Ecuador.
- LEXUS, 1996. Biblioteca de la Agricultura. Cultivo en Invernadero. Barcelona,,p 72

- Manrique, K. 2009. Nociones del manejo de poscosecha. Departamento de recursos y mejoramiento genético. Lima. CIP. 9 p.
- Malagamba, P. 1999. Fisiología y Manejo de tubérculos-semillas de papa. Fascículo 2.2 En: Producción de tubérculos-semillas de papa Manual de capacitación Centro Internacional de la Papa. Lima. CIP. 17 p.
- Marca, J. & Hidalgo, O. 1999. Métodos para acelerar el brotamiento de los tubérculos-semillas. Fascículo 2.4 En: Producción de tubérculos-semillas de papa Manual de capacitación Centro Internacional de la Papa. Lima. CIP. 9 p.
- Martínez, B., Infante, D. y Reyes, Y. 2013. Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Revista de Protección Vegetal Scielo. La Habana Cuba.
- Martins, A.; Laudares, L.A.; Osorio, R. 1993. Producao de sementes. In Tecnología de producao de sementes de milho. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo-CNPMS. Circular Técnica No.19 SIN. 0100-8013. Sete Lagoas. MG Brasil 61p.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG). 1979. Codificación de la ley y reglamento de semillas del Ecuador. Departamento de certificación de semillas. 69 p.
- Montesdeoca, F. 2005. Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de Calidad. Quito. PNRT-INIAP- Proyecto FORTIPAPA. 40 p.
- Montesdeoca, F., Narváez, G., Mora, E. y Benítez, J. 2006. Manual de Control Interno de Calidad (CIC) en tubérculo-semilla de papa. Quito. INIAP, COSUDE, PAPA ANDINA. 39 p.
- Mora, E. y Llerena, G. 2009. Experiencias en el manejo de patógenos de suelo en el cultivo de papa. Curso nacional sobre producción y manejo de semilla de papa. Quito, Ecuador, 25 al 29 de mayo del 2009. 11 p.
- Mora, E. Llerena, G., y Reinoso, I. 2010. Conozca las enfermedades del cultivo de la papa que se encuentran en el suelo y su forma de control. Quito. INIAP, MAGAP, SENACYT. Plegable 312.
- Muñoz, F. y Cruz, L. 1984. Manual del cultivo de papa. Quito. INIAP. 44 p.

- Naranjo, H. 1978. Labores de siembra, cultivo y cosecha en campos de producción de semilla de papa. En: Memorias del I Curso internacional sobre producción de semilla de papa. Quito, Ecuador, 16 al 27 de octubre de 1978. pp. 27-33. (1-57 pp; 59-117; 118-192 pp).
- Naranjo, H., Mastrocola, N. y Pumisacho, M. 2002. Poscosecha. In: El cultivo de papa en Ecuador. Pumisacho, M. y Sherwood, S. (eds). Quito. INIAP, CIP. pp. 171-187.
- Neira, R. y Reinoso, I. 1986. Silo verdeador, método barato para almacenar semilla de papa. Quito. INIAP. 6 p.
- Oyarzún, P., Chamorro, F., Córdova, J., Merino, F., Valverde, F. y Velásquez, J. 2002. Manejo Agronómico. In: El cultivo de la papa en Ecuador. Pumisacho, M. y Sherwood, S. (eds). Quito. INIAP, CIP. pp. 51-82.
- Pérez, J. 1997. Semihidroponía. Revista Sector. (Ec.)19: 28, 10.
- Peske, S., Villela, Francisco., Meneghello, Geri. 2019. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 4.edicao. Revisada, Atualizada e Ampliada. Pelotas: Ed. Beker e Peske. Pelotas / RS / Brasil. 579 P.
- Pozo, M. 1999. Tuberización, tamaño de la semilla y corte de tubérculos. Fascículo 2.3 en: Producción de tubérculos-semillas de papa Manual de capacitación CIP Centro Internacional de la Papa. Lima. CIP. 19 p.
- PYMERURAL, 2013. Manual de Producción de Semilla de Papa Mediante Técnicas de Reproducción Asexual. Tegucigalpa, Honduras. 2013. 39 páginas.
- Pumisacho, M. y Velásquez, J. 2009. Manual del cultivo de papa para pequeños productores. Quito. INIAP, COSUDE. 98 p.
- Sola, M. 1978. Selección y almacenamiento de semilla de papa. En: Memorias del I Curso internacional sobre producción de semilla de papa. Quito, Ecuador, 16 al 27 de octubre de 1978. INIAP, CIP. pp. 154-167. (1-57 pp; 59-117; 118-192 pp).

- Sola, M. 1986. Selección y almacenamiento de semilla de papa. En: Memorias del IV Curso sobre tecnología del cultivo y manejo de semilla de papa. Quito, Ecuador, 15 al 17 de enero de 1986. pp.161-178. (1-64 pp; 65-127 pp; 128-181 pp).
- Thiele, G. 1997. Sistemas informales de semilla de papa en los andes ¿Por qué son importantes y qué hacer con ellos?. CIP. Lima. 56 p.
- Thomas-Sharma, S., Abdurahman, A., Ali, S., Andrade-Piedra, J. L., Bao, S., Charkowski, A. O., et al. 2016. Seed degeneration in potato: the need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries. Plant Pathol. 65:3-16.
- Velásquez, J. 2006. Producción de tubérculo-semilla de papa en la estación experimental «Santa Catalina» del INIAP y su relación con el sector semillero nacional. En: Memorias del II Congreso ecuatoriano de la papa. Ambato, Ecuador, 17 al 19 de mayo del 2006. 7 p.
- Velásquez, J. Monteros, A. Tapia, C. 2008. Semillas. Tecnología de Producción y Conservación. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. Editorial Chiriboga. Quito - Ecuador. 135 p.
- Wiersema, S. 1985. Desarrollo Fisiológico de tubérculos-semilla de papa. CIP. Lima. 12 p.

Contactos:

Departamento de Producción de Semillas
Invernadero Automatizado de Producción de Semillas
Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-papa
Teléfonos: 02 3076002, 02 3076004, 02 3007235



www.iniap.gob.ec

Apoyo de la **Unión Europea** al desarrollo del **Talento Humano, Innovación y Transferencia** de Tecnología en el Ecuador



@agroinvestigacionecuador



@iniapecuador



@iniapecuador

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias



República del Ecuador



Juntos lo logramos