

RECOPILACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO PAPA CRIOLLA

CONVENIO SADE 045/06



Compilación: CLARA JANNETH PIÑEROS NIÑO

2009

**RECOPILACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
DEL SISTEMA PRODUCTIVO PAPA CRIOLLA
Convenio SADE 045/06**

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO ECONOMICO
(GOBERNACION DE CUNDINAMARCA)

FEDERACION COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE PAPA

PAGINA LEGAL

PENDIENTE

Contenido

Prólogo	9
Presentación	11
Generalidades	13
CAPITULO 1	
Genética y mejoramiento	16
1. Trabajos iniciales e identificación de la multivariiedad Yema de Huevo	20
2. Caracterización de las colecciones en Colombia y trabajos de mejoramiento genético	24
3. Registros oficiales de variedades de papa criolla	34
3.1 Ecoregión Oriente Antioqueño	34
3.2 Ecoregión Nudo de Los Pastos	35
4. Desarrollos en Ingeniería Genética	36
CAPITULO 2	
Aspectos agronómicos y ambientales	40
1. Morfología de la planta de papa criolla	40
2. Crecimiento y Desarrollo	42
2.1 Factores ecofisiológicos	47
2.2 Factores de rendimiento	51
2.3 Factores hormonales	52
3. Semilla	52
3.1 Limpieza del material	53
3.2 Sistemas de multiplicación	55
4. Plagas y enfermedades	57
4.1 Insectos Plaga	57
4.1.1 Plagas de follaje	57
4.1.2 Plagas del tubérculo	58
4.2 Enfermedades	61
5. Suelos y Fertilización	64
5.1 Suelos	64
5.1.1 Geología y Geomorfología	65
5.1.2 Descripción de suelos	65

5.2 Fertilización	66
5.2.1 Evaluación de NPK y elementos secundarios	68
5.2.2 Evaluaciones de microelementos	72
5.2.3 Evaluaciones de bioestimulantes, condicionadores y otros	73
6. Labores culturales	75
6.1 Preparación del suelo	75
6.2 Siembra	76
6.3 Control de malezas	77
6.4 Desyerba y aporque	78
6.5 Coberturas	79
6.6 Cultivos múltiples y asociaciones	79
6.7 Manejo del periodo de reposo del tubérculo	80
6.8 Buenas Prácticas Agrícolas	81
7. Factores abióticos críticos	81
 CAPITULO 3	
Composición nutricional, calidad de tubérculo y desarrollo agroindustrial	83
1. Composición nutricional	83
2. Requerimientos de calidad	85
2.1 Papa fresca	86
2.2 Papa procesada	86
3. Productos elaborados con papa criolla	87
3.1 Línea precocida congelada	89
3.1.1 Técnica de Congelación Individual (IQF)	93
3.2 Línea francesa precocida, prefrita y congelada	93
3.3 Preformados	93
3.4 Puré deshidratado	95
3.5 Harina de papa	95
3.6 Almidón de papa	97
4 Plantas de proceso de papa criolla	99
 CAPITULO 4	
Aspectos socio-economicos, consumo, mercadeo y exportacion	101
1. Caracterización socioeconómica de la producción	101
2. Costos de producción y precios	104
2.1 Costos de producción	104
2.2 Precios	112

3 Comercialización	113
3.1 Canales y estructura de comercialización	113
3.2 Destino de la producción y comercialización	114
3.3 Consumo	118
4. Comercio Exterior	120
4.1 Destino de las exportaciones	121
Estados Unidos	121
Japón	122
Unión Europea	123
4.3 Factores críticos	129
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
BIBLIOGRAFIA	132
ANEXOS	149

Índice de tablas

Tabla No. 1. Relación de la Serie XVI Tuberosa (Rydb.) Hawkes (Cultivadas), pertenecientes a la Superserie Rotata (Hawkes) y el número de entradas en dos Bancos de Germoplasma de referencia	17
Tabla No. 2. Nombres comunes de <i>S. tuberosum</i> Grupo Phureja en Colombia	20
Tabla No. 3. Grupos y características morfológicas discriminadoras empleadas para la selección de genotipos en los cultivos de papa criolla	22
Tabla No. 4. Características discriminadoras para los genotipos seleccionados	23
Tabla No. 5. Identificación de genotipos del Grupo Phureja de la CCC de CORPOICA, por su aptitud industrial, relacionada por su nombre y procedencia	28
Tabla No. 6. Mapas moleculares referentes, contruidos para cromosomas de papa	32
Tabla No. 7. Ficha de papa criolla (Grupo Phureja). Catálogo Nacional de Metadatos sobre Biodiversidad	42
Tabla No. 8. Técnicas de análisis de crecimiento y algunos índices dependientes de las categorías	43

Tabla No. 9. Descripción de los estados fenológicos adaptada de la escala BBCH	48
Tabla No. 10. Comparación entre fenologías empleando dos metodologías diferentes, para <i>S. tuberosum</i> Grupo Phureja cultivar Yema de Huevo - Clon 1	49
Tabla No. 11. Etapas de desarrollo del cultivo de <i>S. tuberosum</i> Grupo Phureja variedad Criolla Latina	50
Tabla No. 12. Requisitos mínimos específicos para la producción de semilla certificada de papa, Resolución ICA 2501 de 2003	54
Tabla No. 13. Principales patógenos transportados en el tubérculo-semilla	55
Tabla No. 14. Principales plagas que afectan el cultivo de la papa en Colombia	58
Tabla No. 15. Tratamientos realizados empleando las etapas fenológicas de la papa criolla	61
Tabla No. 16. Principales enfermedades que afectan el cultivo de la papa en Colombia	62
Tabla No. 17. Distribución porcentual de parámetros químicos en suelos paperos de las diferentes zonas productoras en Colombia	67
Tabla No. 18. Composición nutricional de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno	84
Tabla No. 19. Parámetros utilizados en la industria según producto procesado	88
Tabla No. 20. Rendimiento de la línea precocida congelada de papa criolla	90
Tabla No. 21. Flujo del proceso de producción de papa criolla precocida congelada, para la ciudad de Tunja	99
Tabla No. 22. Principales municipios productores de papa criolla en Colombia por departamento	101
Tabla No. 23. Área cosechada, producción y rendimiento papa criolla, Departamento de Cundinamarca y Boyacá, Año agrícola 2002	103
Tabla No. 24. Área, número de lotes por hectárea de papa criolla, Departamento de Cundinamarca y Boyacá, Año agrícola, julio 2001 – junio 2002	103
Tabla No. 25. Área cosechada y producción con riego de papa criolla. Año agrícola, 2002	103
Tabla No. 26. Producción total de papa lavada y no lavada de papa criolla. Año agrícola, 2002	105

Tabla No. 27. Producción total y destino papa criolla. Año agrícola, 2002	105
Tabla No. 28. Producción destinada al mercado y sitio de venta de papa criolla. Año agrícola, 2002	105
Tabla No. 29. Costos de producción promedio de los semestres A y B de 2006 y semestre B de 2007 de papa criolla en el altiplano Cundiboyacense, Nariño y Antioquia	107
Tabla No. 30. Porcentajes de participación dentro del costo de producción por hectárea para Cundinamarca – Boyacá, por área de producción del agricultor	109
Tabla No. 31. Función de producción derivada de la aplicación del fertilizante grado 13-26-6 y 10-30-10 en el cultivo de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno.	110
Tabla No. 32. Flujo de fondos sin financiación y con financiación, para valores estimados en (miles de pesos).	111
Tabla No. 33. Margen bruto en la comercialización de papa, obtenido por agente	117
Tabla No. 34. Participación porcentual de los costos de comercialización de la papa criolla en los municipios de Ipiales y Pasto (Departamento de Nariño)	117
Tabla No. 35. Papa Amarilla (criolla), Precios quincenales al consumidor cotizados en supermercados de Los Ángeles y Miami durante el mes de mayo 2006	122
Tabla No. 36. Requisito fitosanitario para el acceso, comercio interno y externo de algunos países.	124
Tabla No. 37. Comparación de la distribución de papa congelada por país de destino, 2005	128

Índice de figuras

Figura No. 1. Distribución geográfica de 129 accesiones de la colección de germoplasma de <i>Solanum phureja</i> , mantenidas por el CIP	18
Figura No. 2. Factores que influyen el rendimiento de papa	44
Figura No. 3. Diagrama de flujo del proceso para papa criolla precocida congelada y francesa precocida, prefrita y congelada	89
Figura No. 4. Proceso de elaboración de papa criolla precocida congelada IQF y comportamiento de la temperatura	94

Figura No. 5. Diagrama de flujo del proceso para preformados, a partir del proceso de papa criolla precocida congelada y francesa	96
Figura No. 6. Diagrama de flujo del proceso para elaboración de puré de papa	97
Figura No. 7. Diagrama de flujo del proceso para preparación de harina de papa	97
Figura No. 8. Diagrama de flujo del proceso para la obtención de almidón a partir de papa criolla.	98
Figura No. 9. Canal de comercialización de papa criolla en fresco y procesada	113

Índice de gráficas

Gráfica No.1. Volúmenes comercializados semanalmente en Tunja y característica de la oferta para la ciudad de Tunja	116
Gráfica No. 2. Principales tendencias de consumo de papa criolla en Bogotá, D.C.	120
Gráfica No. 3. . Importaciones mensuales de papa amarilla congelada en toneladas, mercado Estados Unidos, años 2001 y 2006	128

PRÓLOGO

PENDIENTE

PRESENTACIÓN

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Económico (SADE) - Gobernación de Cundinamarca acogió la propuesta presentada por parte de la Federación Colombiana de Productores de Papa (FEDEPAPA), dirigida a compilar en un documento unificado, moderno y de fácil consulta, la información relacionada con papa criolla que se encontraba dispersa a lo largo del país, generada en universidades, centros de investigación, ICA, diversas entidades del subsector y, por el propio gremio. Gracias a este esfuerzo, el presente documento logró consolidar 188 referencias bibliográficas publicadas, que permite dar a conocer el desarrollo y estado actual de la investigación realizada en ésta importante cadena productiva y, a su vez, será soporte para el lineamiento de una política encaminada a mejorar la competitividad del sistema productivo papa criolla en Colombia.

La recopilación, dirigida a profesionales y técnicos vinculados a la cadena de la papa criolla, se encuentra dividida en cuatro capítulos: El primero, describe el avance en mejoramiento de la papa criolla *Solanum tuberosum* Grupo Phureja, pues es el componente que se encuentra más completo y es el reflejo de un trabajo continuo, ordenado y con productos de vanguardia que ya están en las manos de los agricultores. El segundo capítulo, hace referencia a los aspectos agronómicos y del ambiente que incluye temas de fisiología, prácticas culturales y de manejo fitosanitario del cultivo, donde se evidencia, entre otros aspectos, el gran efecto que tiene el ambiente sobre el genotipo. En el tercer capítulo, se destaca el componente nutricional, de calidad y agroindustria donde se muestran las características del tubérculo y sus posibles usos en la alimentación como producto procesado. Por último, se hace referencia a los componentes sociales, económicos y de mercadeo, con énfasis en la comercialización del tubérculo a nivel nacional y con destino a la exportación.

En la recolección, depuración y análisis de los textos, se logró identificar todo tipo de información, alguna de ella contradictoria que se describe en forma sistemática con el fin de dar a conocer diferentes puntos de vista y los resultados más destacados de las investigaciones; sin embargo, en los casos donde las referencias no presentaron suficiente soporte técnico, éstas fueron descartadas. En este sentido, la recopilación no pretende opinar sobre el acervo documentado en medio físico o magnético, sino presentar un breve recuento de la investigación, como fue realizada.

Colombia cuenta con uno de los recursos genéticos que ofrece las mayores oportunidades de exportación como alimento procesado étnico, exclusivo y sin competencia. Desafortunadamente, muchas de las estrategias de manejo del cultivo de la papa “de año”, han sido adaptadas a papa criolla, creando un sistema productivo poco eficiente; igualmente, su aprovechamiento ha sido limitado y, aunque la tecnología de productos industrializados se encuentra disponible, no se ha logrado consolidar una agroindustria de papa criolla amarilla que responda a las necesidades del país.

Ciertamente, los componentes sociales y económicos en los que se desarrolla el cultivo, dominados por explotaciones dispersas, pequeñas, sin planeación y sujetas a los cambios del mercado, pueden llegar a limitar el acceso a la tecnología, la oferta permanente del tubérculo en el mercado nacional, el mejoramiento de la calidad y, en general, la sostenibilidad económica de la actividad productiva.

Se ha recorrido un largo camino en papa criolla desde el reporte de diferenciación de clones a partir de la multivariiedad “Yema de Huevo”, pasando por trabajos dirigidos a la búsqueda de genotipos superiores, el mejoramiento de la fertilización y del manejo sanitario del cultivo, el desarrollo de diversas opciones de industrialización, la producción de semilla certificada y la entrega a los agricultores de nuevas variedades, hasta la búsqueda de mercados internacionales. Es hora de aprovechar esta riqueza de resultados y colocarlos a disposición de la comunidad, así como preparar al país para los nuevos escenarios de mercado global que demanda alimentos diferenciados.

GENERALIDADES

La papa posee los mayores recursos genéticos conocidos para un cultivo presentes en una gran cantidad y diversidad de especies y variedades existentes en los cuatro Bancos de Germoplasma más grandes para papa, como son: Centro Internacional de la Papa -CIP- (Perú), Interregional Potato Project, Winsconsin (EUA), Commonwealth (Gran Bretaña) y Banco Genético Mancomunado Alemán-Holandés (Alemania), con más de 200 especies silvestres y alrededor de 4000 variedades nativas primitivas.

La gran variabilidad genética de la papa permite su aprovechamiento en trabajos de resistencia o tolerancia a plagas, enfermedades y condiciones abióticas adversas; de igual forma posee características de tipo fenológico que permite adaptarlas a los requerimientos modernos (Estrada, s.f.). Cultivares del *Solanum tuberosum* Grupo Phureja (según la clasificación de Huamán y Spooner, 2002, denominación que se empleará de aquí en adelante, remplazando la anterior *Solanum phureja*), han sido ampliamente utilizados en investigaciones genéticas de la papa y en programas de mejoramiento; son una fuente valiosa por sus características de resistencia a la Marchitez Bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* y a ciertas enfermedades virosas de la papa, tales como PVX, PVS, PMV y PVA; adicional, se ha reportado como fuente de tolerancia al calor (Ochoa, 2001).

A través del tiempo se ha ajustado la denominación y clasificación de la papa; en 1971, Bukasov clasificó los cultivares de papa cultivada en 21 especies; posteriormente, en 1990 Hawkes clasificó en siete especies con siete subespecies; por otra parte, Ochoa en 1990 clasificó la papa en nueve especies con dos subespecies. En el año 2002, Huamán y Spooner, plantearon una especie simple *Solanum tuberosum* y ocho Grupos Morfológicos dentro de los que se encuentra el Grupo Phureja. La más reciente actualización se aceptó en 2007, en la que Spooner y colaboradores ampliaron el número de especies a cuatro y eliminaron los Grupos Morfológicos propuestos en el año 2002.

S. tuberosum Grupo Phureja se encuentra cultivado, preferentemente, en la parte oriental de los Andes y usualmente entre los 2000 – 3400 msnm. Su distribución geográfica se extiende desde el noroeste de Bolivia, toda la región oriental de los Andes peruanos, hasta Colombia y parte de Venezuela. Los cultivares pertenecientes a este grupo son precoces, de ahí su nombre nativo en Aymara, **phureja**, sus tubérculos no tienen periodo de reposo y es posible establecer ciclos de siembra - cosecha tres o cuatro veces al año (Ochoa, 2001).

Lujan (1996), hizo un recorrido de los orígenes y domesticación prehispánicos de la papa, así como la acción hispánica en el proceso de dispersión mundial; dentro de ese marco ubica la papa criolla, nombre vernáculo, resaltando la capacidad de sustento a los pueblos andinos de origen indígena:

"La expedición del Licenciado Gonzalo Jiménez de Quesada, después de subir del Valle del Río Magdalena por el Opón, llegó a la Cordillera Oriental y aquí en el valle de la Grita en la provincia de Vélez, Colombia, en Abril de 1537 encontró papa en Sorocotá, pueblo Chibcha sobre el río Suarez al oeste de Monquirá, Boyacá. La relación escrita por el conquistador anónimo dice: "Las comidas de esta gente son las de otras partes de Indias y algunas más, porque su principal mantenimiento es maíz y yuca, sin esto tienen dos o tres maneras de plantas de que se aprovechan mucho para su mantenimiento, que son unas a manera de turmas de tierra, que llaman "yomas" y otras a manera de nabos que llaman "cubias" que echan en sus guisados y les es grande mantenimiento" (Epítome del Nuevo Reino de Granada, 1920). Esta relación fue ampliada por Gonzalo Fernández de Oviedo en "Historia General y Natural de las Indias". Pero la mejor descripción de la papa corresponde a Juan de Castellanos (1886), de quien se duda que formó parte de la Expedición, posiblemente su historia escrita en 1601 la tomó de un manuscrito de Quesada y dice: "Allí hicieron noche, y otro día entraron por las grandes poblaciones de Sorocotá, ya todas desiertas con el mismo temor de sus vecinos, aunque las casas todas proveídas de su maíz, frijoles y de turmas, redondillas raíces que se siembran, y producen un tallo con sus ramas, y hojas y unas flores, aunque raras, de purpúreo color amortiguados; ya las raíces desta dicha hierba, que será de tres palmos de altura, están asidas ellas so la tierra, del tamaño de un huevo más o menos, unas redondas y otras perlongadas: son blancas y moradas y amarillas, harinosas raíces de buen gusto, regalo de los indios bien acepto, y aún de los españoles golosina".

Esta descripción hecha en Tunja, Boyacá, se refiere a las variedades de "papa de año" *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* ("yoma", "yomza", "yomuy", "yomi" y "yomogo") y "criolla" de la especie *Solanum phureja*, adaptada por los chibchas a sus condiciones agroecológicas.

Los morfotipos de papa criolla seleccionados ancestralmente en Colombia fueron los redondos amarillos que, en general, guardaban similitud entre sí por las características físicas del tubérculo y por palatabilidad; sin embargo, como materia prima en líneas de proceso industrial presentaba diferencias intrínsecas que afectaba considerablemente la calidad del producto final. Esta condición motivó desde los años noventa, un trabajo de identificación de clones de papa criolla óptimos en rendimiento agronómico y calidad industrial; el primer cultivar seleccionado de papa criolla fue el "Clon Uno" de la multivariiedad "Yema de Huevo" el cual corresponde a un material vegetal nativo de flor roja, sin mejoramiento genético. Posteriormente, este clon ya diferenciado

fue registrado en el año 2004 ante el ICA como variedad con el nombre “Criolla Colombia”, inicialmente para la Ecoregión Oriente de Antioquia.

Los elementos de la producción de papa criolla son muy similares a papa en general; los factores más limitantes son la ocurrencia de enfermedades, plagas, manejo de la fertilización, calidad de la semilla y daños por heladas; el 90% de la producción comercial de papa se realiza en terrenos de ladera y el 10% en suelos planos mecanizables. El marco socioeconómico bajo el cual se realiza la producción de papa en Colombia, en muchos aspectos aplica a papa criolla; la producción comercial se realiza entre 2000 y 3500 msnm y la zona óptima corresponde a áreas localizadas entre 2500 y 3000 msnm. bajo diferentes esquemas de cultivo, según la tenencia de la tierra, principalmente en sistemas de arrendamiento y aparcería, así como en explotaciones en tierra propia; se desarrolla bajo esquema de economía campesina, por parte de agricultores que trabajan en predios de minifundio. Las épocas de siembra están sujetas a las condiciones climáticas, especialmente régimen de lluvias y ocurrencia de heladas (Rivera, 2005). Así mismo, predomina el sistema de producción con tecnología tradicional en cerca del 90% de los casos, mientras que el 10% adelanta el cultivo y las actividades complementarias con tecnología más avanzada (FEDEPAPA, 2003; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y FEDEPAPA, 2004).

Según Rivera *et al.* (2003), la calidad de los tubérculos de papa criolla no solo depende del manejo cultural del cultivo, sino de condiciones ambientales como microclima, altura, radiación solar y luminosidad de los ecosistemas donde se produce. La investigación alrededor de este cultivo debe satisfacer las preguntas que giran alrededor de temas trascendentales para su desarrollo, tales como nuevas variedades que satisfagan las necesidades del mercado, manejo agronómico de las mismas y procesamiento entre otros aspectos (Zapata *et al.*, 2006).

Según registros de la Cadena Nacional de la Papa, en el año 2008 se cultivó en Colombia alrededor de 138.315 hectáreas de papa, con un rendimiento promedio de 18.38 ton/ha; se calcula que papa criolla represente cerca el 6.8% del área cultivada en 2009 con un área nacional sembrada de 8950 hectáreas.

Colombia ha incursionado en la exportación de papa criolla o papa amarilla, producto étnico autóctono procesado, en forma precocida congelada, salmuera y empacada en vidrio o enlatada. A pesar de la falta de continuidad de las exportaciones, este producto es reconocido en el mundo y existen países que lo demandan, entre otros, Estados Unidos, España, Japón y Francia. Dada esta consideración, la papa amarilla se encuentra dentro de los potenciales exportables y se incluyó en la Apuesta Exportadora Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural desde el año 2006. Entre los aspectos que más han limitado éste importante mercado, se encuentran los exigentes grados de selección y clasificación solicitados por los países de destino, con lo cual, solamente entre un 20 y 25% del producto cosechado, sería apto para el procesamiento industrial de producto precocido congelado.



CAPITULO 1

Genética y mejoramiento

Existe una concentración de elementos altamente variables de papas cultivadas (de todos los niveles de ploidía), en las regiones montañosas altas del sureste de Perú y norte de Bolivia; las regiones andinas son las áreas geográficas donde existe una altísima diversidad de la especie, convirtiéndose en el Centro de Origen según el concepto propuesto por Vavilov en 1951 (Lujan, 1970).

La papa posee 12 cromosomas, los cuales se organizan en series poliploides: Diploides ($2n=24$), Triploides ($3n=36$), Tetraploides ($4n=48$), Pentaploides ($5n=60$) y Hexaploides ($6n=72$).

Estrada (2000), presentó la siguiente clasificación para *Solanum phureja*, la cual se mantiene hasta serie:

Género	<i>Solanum</i> Linneus
Subgénero	Potatoe (G. Don) Arcy
Sección	Petota Dumortier
Subsección	Potatoe G. Don
Superserie	Rotata Hawkes (corola rotácea)
Serie	XVI Tuberosa (Rybd.) Hawkes

La Tabla No.1, permite ver los Grupos que se encuentran en la Serie Tuberosa cultivados y el nivel de ploidía. Los datos presentados se reescriben con el Grupo al cual pertenecen según la clasificación taxonómica propuesta por Huamán y Spooner (2002).

Estudios morfológicos y fenéticos apoyados en datos moleculares y cruzamientos combinando la probabilidad de orígenes híbridos, múltiples orígenes y dinámica evolutiva de la hibridación continua, realizados por Huamán y Spooner (2002), demostraron que el sistema taxonómico comúnmente usado por Hawkes desde 1990, era limitado y por ello reclasificaron las especies cultivadas como una especie simple: *Solanum tuberosum* L. con ocho “Grupos de cultivares”.

Uno de estos grupos corresponde al Grupo Phureja, anteriormente denominado *Solanum phureja*, distinguido por adaptación a días cortos, en su mayoría diploides y

Tabla No. 1. Relación de la Serie XVI Tuberosa (Rydb.) Hawkes (Cultivadas), pertenecientes a la Superserie Rotata (Hawkes) y el número de entradas en dos Bancos de Germoplasma de referencia

GRUPO	NOMBRE ANTERIOR	Grado de Ploidía 2n	Número de entradas	
			CIP	CORPOICA
Grupo Ajanhuiri	<i>S. ajanhuiri</i> Juz y Buk	24	10	NR
	<i>S. goniocalyx</i> Juz y Buk	24	48	NR
Grupo Phureja	<i>S. phureja</i> Juz y Buk	24	209	90
		36		
		48		
Grupo Stenotomum	<i>S. stenotomum</i> Juz y Buk	24	380	9
Grupo Chaucha	<i>S. chaucha</i> Juz y Buk	36	167	44
Grupo Juzepczukii	<i>S. x juzepczukii</i> Buk	36	34	2
Grupo Chilotanum	<i>S. tuberosum</i> subsp <i>tuberosum</i>	48	3320	81
Grupo Andigenum	<i>S. tuberosum</i> subsp <i>andigenum</i>	48	144	680
Grupo Curtilobum	<i>S. curtilobum</i>	60	14	5

NR= No Reportada

Fuente: Mayer, 2001; Ligarreto, 2001

tubérculos sin reposo. Los otros siete grupos definidos son: Grupo Ajanhuiri, Grupo Andigenum, Grupo Chaucha, Grupo Chilotanum, Grupo Curtilobum, Grupo Juzepczukii, Grupo Stenotomum (este último, contiene todos los cultivares de Goniocalyx).

El Grupo Phureja está conformado por plantas tuberizantes, el cual parece haber evolucionado por selección humana de una posible mutación de *Solanum stenotomum* (Estrada, 2000), originario y distribuido en América del Sur, desde el norte de Bolivia hasta el sur occidente de Venezuela, comprendiendo Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela, con un centro de diversidad genética localizado en el sur de Colombia (Ver Figura No. 1). Plantas pertenecientes a este Grupo fueron colectadas por Juzepczuk en Ilabaya (Sorata), Bolivia y descritas por Juzepczuk y Bukasov en 1929 (Lujan, 1970).

Según Hawkes (1990), la selección realizada por diferentes grupos indígenas, pudo haber conducido a una evolución polifilética. La concentración de clones diploides cultivados, en la parte norte de los Andes, caracterizados por ausencia de periodo de reposo de los tubérculos, sugiere que los pobladores de esta región los seleccionaron justamente por esta característica (Lujan, 1970). Estudios realizados en el CIP entre 1995 y 1996, a partir de 163 accesiones colectadas en los valles cálidos de la cordillera Andina (entre 2000 y 3700 msnm) desde Bolivia hasta Venezuela y analizados mediante la técnica de RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), sugirieron que el Grupo Phureja es un grupo homogéneo, diferente a otras especies silvestres de papa, con una larga historia de domesticación en los Andes, hecho por el cual pudo haberse mantenido relativamente aislado (Ghislain *et al.*, 1996).

Figura No. 1. Distribución geográfica de 129 accesiones de la colección de germoplasma de *Solanum phureja*, mantenidas por el CIP



Los cuadros oscuros indican los sitios de colección, el área sombreada indica el área geográfica del Grupo Phureja (*S. phureja*)

Fuente: CIP, 1996

Huamán y Spooner (2002), con la nueva clasificación generaron una clave taxonómica donde *S. phureja* se encuentra dentro del Grupo Phureja diferenciándose del Grupo Stenotomum, por el aspecto "Plantas con tubérculos brotados en el momento de la cosecha", debido a que tienen la misma ploidía y comparten características similares, en un altísimo porcentaje. Para llegar a esta conclusión, emplearon 267 accesiones clonales de la serie Tuberosa (cultivadas), obtenidas del Banco de Germoplasma del CIP, las cuales maximizaron el cubrimiento morfológico y geográfico desde México hasta el sur de Chile; se demostró que algunos de los caracteres claves usados por Hawkes en 1990 y por Ochoa en 1990 se superponían en sus rangos con otros taxones inutilizando o reduciendo su uso en la construcción de claves taxonómicas. Los autores ilustraron las diferencias con características como:

- Presencia de color brillante en estado vivo, la cual fue 100% diferenciadora entre *S. phureja* y *S. stenotomum* donde la primera tiene hojas brillantes en estado vivo y la segunda tiene hojas opacas en estado vivo. Los resultados mostraron que *S. phureja* tenía hojas brillantes en el 65% de los cultivares examinados y *S. stenotomum* en el 40%.
- De igual manera, tubérculos con pulpa color amarillo brillante era 100% diferenciadora entre *S. phureja* y *S. goniocalyx*; los resultados demostraron que la frecuencia de color de pulpa entre estas dos especies era similar, solamente

16% de los cultivares examinados presentaron pulpa amarillo brillante, 34% amarillo y 19% amarillo pálido.

Por lo anterior Huamán y Spooner (2002), presentaron la clasificación de *S. tuberosum* Grupo Phureja como *culta* y no como *taxa*. La clasificación taxonómica empleando análisis moleculares puede darse donde existe una denominación de clase, en éste caso, *S. tuberosum*. Los “Grupos de Cultivares” son categorías taxonómicas usadas por el Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas, (ICNCP) el cual asocia plantas cultivadas con características que están en uso por los agricultores y no representan grupos naturales y especies, con algún tipo de clasificación (Spooner *et al.*, 2003; Spooner, 2007).

En un estudio realizado por el CIP, con pruebas moleculares (SSRs) sobre 163 accesiones morfológicamente clasificadas como *S. phureja*, con características definidas como adaptación a día corto, diploides y pérdida de reposo del tubérculo, se evidenció que el 31% de accesiones no correspondían a la característica de ploidía, encontrando que son triploides y tetraploides. A partir de estos datos Ghislain *et al.*, (2006) propusieron un refinamiento del Grupo Phureja descrito por Huamán y Spooner (2002) ampliando el grupo, sin limitar el nivel de ploidía (Mosquera, 2006).

Spooner *et al.* (2007), reclasificaron las papas cultivadas en cuatro especies, a partir de la combinación de datos morfológicos y datos de 50 microsatélites aplicados a 742 cultivares y ocho especies silvestres, existentes en el CIP. Las especies propuestas fueron: *S. tuberosum*, *S. ajanhuiri* (diploide), *S. juzepczukii* (triploide) y *S. curtilobum* (pentaploide). La especie *S. tuberosum* dividida en dos Grupos de cultivares: Grupo Andigenum (de las tierras altas de los Andes, involucrando diploides, triploides y tetraploides) y Grupo Chilotanum (conteniendo cultivares tetraploides de origen chileno). El manejo del término “Grupo de Cultivares” usado para asociar plantas cultivadas, es conveniente para separar estas poblaciones que crecen en diferentes áreas y están adaptadas a diferentes regímenes de longitud de día y presentan algún grado de incompatibilidad sexual con las poblaciones de los Andes. Teniendo en cuenta que especies o Grupos tienen la característica ploidía como el criterio de mayor identificación, el reconocimiento de *S. phureja* como especie o como un Grupo no es posible, debido a que, no todos los elementos que conforman ese Grupo son diploides; así mismo, no todos los elementos conformantes poseen pérdida de reposo y adaptación a día corto. Este estudio demostró que los elementos morfológicos descriptivos, en sí mismos, presentaban dificultades para explicar la agrupación. Por lo tanto, se acepta la clasificación de 2002 presentada por Huamán y Spooner como *Solanum tuberosum* Grupo Phureja.

Los cultivares más conocidos y explotados comercialmente en Colombia son morfotipos redondos amarillos de ciclo corto (110 - 120 días) y características precoces exhibidas en una rápida maduración y bajo o ningún periodo de reposo de los tubérculos (Hawkes, 1988). En la Tabla No. 2 se relaciona algunos nombres comunes con los cuales se identifica cultivares de papa criolla en Colombia.

Tabla No. 2. Nombres comunes de *S. tuberosum* Grupo Phureja en Colombia

Criolla	Chispa llama	Papa amarilla	Culona
Yema de huevo	Tabaco negra	Papa roja	Tornilla
Manzana	Piña	Alcarrosa	Chona
Reina	Chaucha	Mambra	

Fuente: Mosquera, 1992

1. Trabajos iniciales e identificación de la multivariiedad Yema de Huevo

Los cultivares de *S. tuberosum* Grupo Phureja, presentan un alto porcentaje de diploidía ($2n=24$), tipo de herencia simple, disómica para diversos caracteres, fórmula genómica AA y número EBN (Factor para balance entre endospermo y embrión) igual a 2, implicado en la interpretación, explicación y predicción de la capacidad de cruzabilidad entre genotipos (Estrada, 1988; Oliveira, 2004; Mosquera, 2006). Las plantas diploides son altamente autoincompatibles, favoreciendo la heterocigosis; la papa posee flor hermafrodita y realiza polinización cruzada como mecanismo reproductivo con un porcentaje que varía del 5 al 25% dependiendo de las condiciones ambientales y del genotipo (Hernández y Pineda, 1992).

En Colombia los trabajos iniciales relacionados con genética y fitomejoramiento con el Grupo Phureja, fueron desarrollados por investigadores del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), donde el Grupo Phureja fue empleado como “puente” en algunos casos y, “fuente” en otros casos para introducir características valiosas en variedades con series cromosómicas diferentes. Empleada como “puente”, cuando la transferencia de genes de especies silvestres, se realiza a través de cruces previos con clones de Grupo Phureja; los híbridos resultantes se utilizan como parental masculino, esperando que el híbrido produzca granos de polen $2n=24$ en los procesos meióticos de restitución en primera o segunda división, de esta forma los cruzamientos con *S. tuberosum* son viables y normales. Utilizado como “fuente”, cuando características importantes del Grupo Phureja se transfieren directamente sobre el clon que se está mejorando. De esta manera, características de cultivares del Grupo Phureja, con alta resistencia horizontal a Gota de la Papa (*Phytophthora infestans*) se incorporaron a variedades como Diacol Monserrate, Diacol Cumbal, Diacol Picacho, ICA Nariño, ICA Huila, ICA Única (Estrada, 1988). Más recientemente se evidenciaron sus bondades en la obtención de la variedad Pastusa Suprema, producto del cruzamiento [*sto* 230490 x *phu* (Yema de Huevo)] x *adg* (Parda Pastusa), reconocida por ser altamente resistente a *P. infestans*, resistente a PVS y poco sensible a PLRV (Ñustez, 2002).

En 1970, Gómez analizó los efectos de la radiación ionizante, sobre semilla sexual y asexual de papa criolla donde buscaba generar mutaciones favorables relacionadas

con el aumento de fertilidad, por formación de alelos que favorecieran la eliminación total o parcial de la autoincompatibilidad y mutaciones relacionadas con el periodo de reposo de los tubérculos. Empleando siete dosis de radiación gamma, en 10 genotipos de la Colección Central Colombiana de Papa (CCC), encontró evidencia en dos clones (81 y 118) sobre la eliminación de autoincompatibilidad, característica de algunas especies diploides como Grupo Phureja, al obtener bayas después de realizar autofecundación. En cuanto a los resultados frente al periodo de reposo de los tubérculos encontró una relación directa entre tiempo de exposición a los rayos gamma y aumento en el periodo de reposo, pero con consecuencias negativas en características como tamaño, forma y distribución del color en el tubérculo.

Estrada (1988), reportó una metodología para transferir genes empleando la ploidía del Grupo Phureja, cuyo principio se basa en que la mayoría de papas silvestres diploides y tetraploides cultivables son cruzables con los clones diploides del Grupo Phureja; para el desarrollo de este trabajo fueron usados cerca de 40 cultivares diploides del Grupo Phureja. Los híbridos resultantes se lograron cruzar nuevamente, empleándose como polinizadores con clones o cultivares tetraploides de *S. tuberosum*.

En el marco de los proyectos financiados por la Corporación para la Reconversión de la Cebada CORPOCEBADA y ejecutados por la Federación Colombiana de Productores de Papa FEDEPAPA, durante los años 1993 – 1994, identificaron clones redondos amarillos de la multivariedad Yema de Huevo, realizando colecta de materiales en todo el país, descripción morfológica y electroforética; saneamiento y multiplicación de material vegetal, el cual incluía cultivo de tejidos, multiplicación de semilla sana, planeación para la producción de semilla certificada y desarrollo del paquete tecnológico, para lo cual se establecieron ensayos, pruebas demostrativas y comerciales, valorando el material por su uso agroindustrial (Argüello, 1994).



Aspecto de la mezcla de clones de la multivariedad Yema de Huevo



Cultivo de papa criolla "Clon Uno" de flor roja

Resultado de la ejecución del mismo proyecto, con apoyo del ICA y de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia (UNC), se llevó a cabo la identificación de la mezcla de clones presentes en los cultivares de papa criolla, por medio de técnicas de electroforesis de proteínas e isoenzimas (esterasas y peroxidasas) acompañado por caracterización morfológica, según la lista de descriptores del

IBPGR. Se tomaron muestras en plazas de mercado de la zona centro (Departamento de Cundinamarca y Boyacá) y zona sur de la Región Andina colombiana (Departamento de Nariño) donde era evidente la situación, debido a que en los campos de los agricultores se presentaban plantas de diferentes características especialmente color de la flor, aún cuando los tubérculos cosechados siempre eran redondos amarillos (Huamán *et al.*, 1977 citado por Carrasco y Pineda, 1993). La Tabla No. 3 muestra los resultados más destacados de la investigación.

Tabla No. 3. Grupos y características morfológicas discriminadoras empleadas para la selección de genotipos en los cultivares de papa criolla

GRUPO	OJOS ROJOS	FOLIOLOS SECUNDARIOS	FORMA TUBERCULO	COLOR FLOR
I	A	A	redondos	roja
II	A	A	redondos	roja
III	A	A	redondos	blanca
IV	A	< 10	redondos	blanca
V*	P	< 10	redondos – obovados	violeta
VI*	P	< 10	redondos – obovados	violeta
VII	A	> 10	redondos	morada
VIII	P	A	redondos	morada

P = Presente; A = Ausente; *Característica diferenciadora no incluida en los descriptores = Forma de folíolos: Redondeados (V), Angulados (VI).

Fuente: Carrasco y Pineda, 1993

Estos trabajos permitieron determinar que la papa “criolla” o “Yema de Huevo”, cultivar nativo existente en ese momento en manos de los agricultores, era una multivariedad conformada por al menos ocho clones, de tubérculos redondos de color amarillo, fruto de la selección ancestral de clones realizada por los mismos agricultores. Adicional al color de la flor, se encontraron diferencias en la morfología de tallos, hojas, frutos y tubérculos. Por ejemplo, fue notable la similitud en el aspecto de la planta entre los clones B, C y H, pero presentaron diferencia en el color de la flor. Se descartaron los clones A, E, G, I, J y K por presentar alta susceptibilidad a *P. infestans*, tubérculos deformes, pálidos con pigmentaciones moradas o con ojos muy profundos. Los clones B y H fueron idénticos en las pruebas de electroforesis, pero presentaron diferente color de flor.

Posteriormente, se realizó un segundo muestreo en fincas de agricultores; en Cundinamarca se tomaron muestras en seis municipios; en Boyacá tres municipios; en Antioquia tres municipios; en Nariño siete municipios y de la Colección Central Colombiana de Papa (CCC) que poseía el ICA, se valoraron 17 muestras, para un total 82 clones evaluados.

De forma paralela se desarrolló un trabajo evaluando características para procesamiento industrial que incluía la evaluación del comportamiento frente al lavado, escalado y congelación; la respuesta de los genotipos que presentaron comportamientos

eficientes fue comparada con la evaluación morfoagronómica, permitiendo seleccionar clones con comportamientos estables y características deseadas (Pino y Velásquez, 1994). La Tabla No. 4 presenta las características de los clones seleccionados por las dos pruebas.

Este primer avance permitió elegir clones de papa con tubérculos de características promisorias para la agroindustria, que fueron saneados de virus y otras enfermedades; se obtuvo semilla sana y se llevó a cabo la validación de tecnologías agronómicas para aumentar rendimientos y calidad del tubérculo (Del Valle, 1994).

Tabla No.4. Características discriminadoras para los genotipos seleccionados

CLON	REND Kg/PLT	DISTRIBUCION % DEL NUMERO DE TUBERCULOS			CARACTERISTICAS INDUSTRIALES		
		EXTRA	GRANDE	MEDIANO	LAVADO	ESCALDADO	DURACION OPTIMA CONGELADO
B	1.1	21.2	21.3	24.3	B	B	45 días
C	1.1	8.2	23.9	37.4	B	B	45 días
H	0.9	15.1	23.1	30.6	B	B	45 días

B = Bueno.

Fuente: Carrasco y Pineda, 1993; Pino y Velásquez, 1994

Como producto de este trabajo, se seleccionó un material denominado Clon Uno ó Clon FEDEPAPA, que expresaba el morfotipo característico de la multivariedad “Yema de Huevo”. Las características morfológicas y agronómicas del Clon Uno fueron reportadas por Hernández y Rodríguez (1997); Ñustez (2001).



Primeros esfuerzos en la producción de semilla de papa criolla variedad Yema de Huevo - Clon Uno

- Planta de tallos delgados, verde claros, ramificados, porte bajo, foliolos primarios pequeños de color verde claro y rugosos. Flores abundantes color lila intenso y fructificación mediana.
- Tubérculos de forma redonda, piel amarilla, pulpa amarilla, ojos de profundidad media. Carece de periodo de reposo, presenta brotes antes de la maduración. Materia seca 22.3% (peso específico 1.090), azúcares reductores en concentración del 0.1%. Estas cualidades le permiten tener un proceso de congelamiento uniforme y elaboración de harina para producir preformados.

2. Caracterización de las colecciones en Colombia y trabajos de mejoramiento genético

La CCC tuvo origen en la década de los años treinta, según Moreno y Valbuena, (s.f.). El primer dato de recolección fue reportado por Antonio Miranda en 1934; la Estación Experimental La Picota, al sur de Bogotá, recibió 41 accesiones de papa colectadas en los departamentos de Caldas, Cauca, Nariño y Boyacá; a los pocos años el número superaba 200 entradas de origen nacional, ecuatoriano y peruano; el primer registro de colección en los archivos del Banco fue referenciado en 1945, cuando el Ingeniero Agrónomo Aparicio Rangel coleccionó el primer material de papa, en el departamento del Valle, el cual fue registrado como el Clon No.1 de la CCC con el nombre vernáculo "Solimán", perteneciente al Grupo Phureja. El desarrollo de la colección, estuvo bajo la dirección y asesoría de eminentes científicos como el Doctor Jack G. Hawkes quien inició y organizó el programa de mejoramiento de papa en el año 1948, el botánico Luis E. López quien durante la década del setenta amplió la colección con el apoyo de la Fundación Rockefeller y, bajo el auspicio del CIP, el Doctor David Spooner lideró la colección de especies silvestres en 1992; todos estos trabajos fueron apoyados por científicos líderes colombianos como los Doctores Nelson Estrada R. y Ramón Pineda. En 1995, el ICA entregó a CORPOICA y a la Facultad de Agronomía de la UNC, Sede Bogotá, 81 accesiones de tubérculo-semilla del Grupo Phureja, como parte de la entrega total de la colección, conformada por más de 800 accesiones de papa.

Se han realizado trabajos de enriquecimiento de las colecciones de *S. tuberosum* Grupo Phureja que posee la UNC y CORPOICA, la cual cuenta actualmente, con más de 120 accesiones, incluida una selección de la colecta realizada bajo el programa de CORPOCEBADA - FEDEPAPA. Esta incorporación de materiales ha permitido realizar caracterizaciones morfológicas, evaluaciones descriptivas más extensas de niveles de resistencia al ataque de plagas, enfermedades, caracterizaciones agronómicas e industriales determinando rendimiento, contenido de azúcares reductores, materia seca, proteínas y vitaminas, entre otros aspectos.

El reconocimiento de las características de las colecciones y el potencial de variabilidad inherente, con capacidad para ser transferido, debía ser evaluado para ser usado como posible parental en cruzamientos dirigidos. Guarín *et al.* (1998), evaluaron la fertilidad masculina en 81 genotipos de *S. tuberosum* Grupo Phureja de la colección mantenida por la UNC, empleando técnicas de tinción y el método de germinación *in vitro* de los granos de polen; encontraron que el 13.58% no tenía características como parental masculino por presentar polen que no germinaba, ausencia de polen o ausencia de flores. Adicionalmente, los resultados mostraron que en este grupo de genotipos, se presentó bajo nivel de fertilidad y la viabilidad del polen almacenado a 7°C, presentó un tiempo estimado promedio de 20 a 25 días después de colectado.

En el Centro Experimental ICA San Jorge (Soacha, Cundinamarca) a 2900 msnm y en el Centro Agropecuario Marengo (CAM) en Mosquera, Cundinamarca, a 2547 msnm, durante un ciclo de siembra en el semestre B de 1996, Escallón *et al.* (2005), evaluaron 25 genotipos de papa, con tubérculos redondos amarillos del Grupo Phureja provenientes de la colecta realizada bajo el programa de CORPOCEBADA e incorporadas a la colección de UNC, midiendo el potencial de rendimiento y de resistencia a *Phytophthora infestans*. La variable de rendimiento evaluada fue peso de tubérculos, distribuido en tres clases por tamaño y, la variable resistencia frente al patógeno, fue medida *in vitro* empleando la prueba de folíolos, con aislamientos correspondientes a la raza cero y a una raza compleja H1N, que posee nueve genes de resistencia, buscaron evaluar la presencia o ausencia de genes mayores y la identificación de entradas con potencial resistencia horizontal, mediante comparación cuantitativa del tamaño de las lesiones. No se encontraron genes mayores de resistencia a *P. infestans* y al evaluar el diámetro de la lesión en los folíolos, se determinó la posible existencia de resistencia horizontal en genotipos de esa colección; de igual manera, se lograron identificar genotipos con promedios de producción comercial (peso y número de tubérculo de primera y segunda), superiores al cultivar “Yema de Huevo”.

Durante el año 1999, se evaluó la respuesta de 60 genotipos de la colección de la UNC, frente al ataque de *Tecia solanivora* en condiciones de laboratorio, valorando el daño en tubérculo, porcentaje de eclosión de larvas y empupamiento. Los niveles de daño promedio encontrados fueron de 45.1%, empupamiento de 42.4% y eclosión de 96.9%; por medio de las relaciones establecidas entre las variables empupamiento y daño, se seleccionaron 11 genotipos, considerados como materiales promisorios para estudiar el carácter de resistencia a la plaga. El color de los tubérculos y la forma, considerados como factores lejanos relacionados con cierto grado de resistencia, no se asociaron con altos o bajos porcentajes de daño en tubérculo (Cadena *et al.*, 2005).

En el año 2003, investigadores de CORPOICA evaluaron 51 accesiones del Grupo Phureja por susceptibilidad al ataque de *Tecia solanivora* bajo condiciones de laboratorio y campo, medido en las variables peso total de la infestación, sustrato utilizado, número de pupas totales, número de pupas no emergidas en 40 días, número de adultos, número de hembras, número de machos y porcentaje de daño. Los resultados permitieron establecer que se presentaron diferencias estadísticas para daño y

pupas no emergidas y sustrato utilizado, estableciendo la posible existencia de efecto antibiótico en cuatro genotipos. Las pruebas de campo permitieron realizar una selección de 15 genotipos que no mostraron resistencia pero que estaban por debajo de la media experimental. Los genotipos evaluados se calificaron como susceptibles y altamente susceptibles al ataque de la plaga (CORPOICA, 2004).

Ocampo (2003), evaluó 98 genotipos de la colección del Grupo Phureja de la UNC, por precocidad en la maduración de tubérculo bajo condiciones de ecosistema de páramo. La evaluación se realizó en el Centro Experimental ICA San Jorge, las variables evaluadas fueron: días a inicio de formación de estolones, días a inicio de floración, días a inicio de tuberización y días a maduración de tubérculo. Se encontró en los genotipos evaluados una media general para el número de días a madurez de tubérculo de 123 días después de emergencia (dde), con una desviación estándar de 11.56 días. De las variables evaluadas, el número de días a inicio de tuberización presentó mayor correlación con el número de días a madurez de tubérculo, lo que permitió identificarlo como un índice de precocidad. En el análisis de agrupamiento, se obtuvieron 11 grupos; el grupo VII conformado por 20 genotipos, reunió los más precoces de la colección con promedio de 105,8 dde.

Ñustez (2003), presentó los resultados de la caracterización molecular realizada a la colección mediante marcadores RAPD, donde encontró que 22 de los 34 grupos conformados mediante el análisis UPGMA, estaban constituidos por una sola accesión. Esta situación evidenció la alta diversidad genética y la trascendencia e importancia de su conservación, evaluación y uso en programas de mejoramiento genético en el país.

A partir de la exploración inicial y visualizando el gran potencial de la colección del Grupo Phureja, los parámetros de evaluación tomaron un enfoque hacia la búsqueda e identificación de caracteres para dar respuesta a la creciente demanda por alimentos ricos nutricionalmente, con especificaciones óptimas para procesamiento. La papa criolla aporta 25% más proteínas que la papa de año, por el color de su pulpa ofrece mayor cantidad de precursores de vitamina A, elementos importantes para ser aplicados en programas de fitomejoramiento.

Entre 2002 y 2003, se evaluaron 124 accesiones de la colección de Grupo Phureja de UNC, por su heredabilidad y el contenido de proteína total calculada por el método de Kjeldahl. Se encontró que el contenido de proteína promedio era de 5.48% con base en peso seco y un rango amplio de variación entre 2.67 y 11.26%; esta característica es gobernada genéticamente pero su expresión es afectada por condiciones ambientales. Se realizó la estimación de heredabilidad mediante familias de hermanos medios maternos, estimando componentes de varianza, regresión padre-progenie, máxima verosimilitud restringida y estimación bayesiana, encontrando siempre que ésta oscila entre 28 y 41%, lo cual corresponde a un valor moderado de la misma y gobernada por un número grande de genes. De esta manera, se concluyó que no es recomendable realizar una presión de selección demasiado alta (1 al 5%), pues podría agotarse rápidamente la variabilidad genética de la población, pudiendo excluir alelos favorables (Rodríguez, 2005).

De igual manera CORPOICA desarrolló otros trabajos para caracterizar y evaluar la colección. Durante el segundo semestre de 1996, sembraron en campo 59 accesiones del Grupo Phureja, en el Centro de Investigación Tibaitatá, localizado en Mosquera (Cundinamarca) a 2650 msnm y en el Centro Experimental ICA San Jorge. Estos genotipos se caracterizaron morfológicamente con base en los descriptores propuestos por el CIP (1994), recopilados por INIEA (2006). Este análisis evidenció la alta variabilidad genética representada en ocho grupos con características típicas. Se destacaron como variables importantes para la caracterización e identificación: forma general del tubérculo, formas raras del tubérculo, color primario de la piel del tubérculo, color secundario de la piel del tubérculo, grado de floración y pigmentación del pistilo; adicionalmente se identificaron las características que presentaron una alta respuesta influenciada por el ambiente, para ambas localidades (Martín *et al.*, 2000).

Ligarreto y Suárez (2003), evaluaron el potencial de calidad industrial existente en 50 cultivares del Grupo Phureja de la colección de CORPOICA, medida en peso fresco, diámetro ecuatorial, diámetro longitudinal, gravedad específica, materia seca, contenido de azúcares reductores y variables cualitativas: forma general del tubérculo, forma rara, profundidad de ojos, color primario de piel, intensidad del color primario de piel, color secundario de piel, distribución del color secundario de piel, color primario de la pulpa, color secundario de la pulpa, distribución del color secundario de la pulpa, según los descriptores del CIP propuestos por Huamán en 1994. Como resultado de la evaluación, se clasificaron dentro de agrupamientos por finalidad de procesamiento, papa entera precocida para productos enlatados y congelados, encurtido en fresco y fermentado y papa frita en hojuelas. El 68% de los cultivares presentó forma general del tubérculo y el 32% restante formas raras; según la forma general el 28% se caracterizó por presentar tubérculos redondos, comprimidos el 22%; es decir, el 50% tuvo forma de tubérculo requerida por la industria; el 98% de la muestra mostró profundidad de ojos aceptable para procesar (superficial o medio), característica que favorece la limpieza y el pelado durante el procesamiento. Así mismo, el 46% de la población estudiada ofreció la posibilidad de enriquecer el mercado con variedades de papa criolla con un color secundario de piel, diversificando la presentación de los productos con papa entera; el 50% de los genotipos presentó tubérculos de piel color amarillo, el 22% piel roja, el 12% piel morada, el 6% rosada y un 6% rojo-morada; con una intensidad de piel intermedia del 50% y oscura el 32%; el color secundario de la piel se descartó en el 54% de los casos, pero se presentó el 20% combinado con amarillo y un 16% combinado con morado y, la distribución del color secundario de piel en los tubérculos, se encontró como manchas salpicadas, anteojos, dispersas y en las cejas.

A través de análisis de relacionamiento, se conformaron cuatro grupos generales; sobresalió el grupo 1 por características industrializables, constituido por genotipos de peso fresco alto (36 – 38 g) de forma concertinada; el grupo 2a color de piel amarillo, forma redonda y tamaño clase 2 (20 a 35 g) y clase 3 (menor de 25 g), dentro de este grupo sobresalió la presencia de dos genotipos con contenido de azúcares reductores bastante bajo. El grupo 4c se destacó por sus valores de materia seca (21.33%) y gravedad específica (1.081) pero de forma concertinada.

En la CCC del Grupo Phureja de CORPOICA, se evidenció la existencia de alta variabilidad genética, con alto potencial para ofrecer diversidad al mercado por su inmensa variedad en formas, tamaños y colores de tubérculo, tanto en piel como en pulpa, así como características para el procesamiento. La Tabla No. 5 resume los genotipos con características destacadas para industrialización.

Tabla No. 5. Identificación de genotipos del Grupo Phureja de la CCC de CORPOICA, por su aptitud industrial, relacionada por su nombre y procedencia

NUM	LINEA – NOMBRE	PROCEDENCIA	APTITUD
16	YEMA DE HUEVO	NARIÑO	Encurtidos, salmuera o vinagre
			Precocidos enlatados
			Congelados empacados al vacío
20	YEMA DE HUEVO	NARIÑO	Encurtidos, salmuera o vinagre
			Precocidos enlatados
			Congelados empacados al vacío
21	ALGODONA	NARIÑO	Encurtidos, salmuera o vinagre
			Precocidos enlatados
			Encurtidos, salmuera o vinagre
68	CARETA	CAUCA	Encurtidos, salmuera o vinagre
79	CHAUCHA OJONA	CAUCA	Encurtidos, salmuera o vinagre
80	S.N.	CAUCA	Encurtidos, salmuera o vinagre
81	CHAUCHA COLORADA REDONDA	VALLE	Encurtidos, salmuera o vinagre
23	NARANJILLA	NARIÑO	Papa frita en hojuela

Fuente: Ligarreto y Suarez, 2003

Un trabajo posterior realizado por Otálora y Puentes en 2004, sobre 10 clones de *S. tuberosum* Grupo Phureja pertenecientes a la misma colección, permitió su caracterización por materia seca, cenizas, proteína, grasa, fibra, carbohidratos totales y cuantificación de almidones en tubérculo. Encontraron que los clones 70, 78, 79 y 80 se destacaron por alto contenido nutricional, en tanto que, por parámetros industriales, sobresalieron los clones 80 y 79.

Basados en las caracterizaciones de las accesiones de la colección de la UNC, el programa de mejoramiento de la Facultad de Agronomía de la UNC, liderado por los profesores Luis Ernesto Rodríguez M. y Carlos E. Ñustez L., construyeron poblaciones híbridas con dos objetivos centrales: generación de clones con la característica de mayor reposo en el tubérculo con el fin de mejorar la calidad de poscosecha y, la obtención de clones con resistencia a *P. infestans*. Para el cumplimiento del primer objetivo, realizaron cruzamientos de clones del Grupo Phureja con cultivares de *Goniocalyx* y del Grupo Andigenum; a partir de estos cruzamientos seleccionaron clones avanzados, en los cuales posteriormente, identificaron cuatro materiales con características similares al cultivar Yema de Huevo - Clon Uno y otros genotipos con tubérculos

de piel roja y pulpa amarilla de excelente calidad culinaria, en los cuales se observó ganancia en el periodo de reposo. (Ñustez, 2001).

El proceso de selección mencionado inició evaluando 71 materiales obtenidos de los cruces interespecíficos entre diploides y, diploides por tetraploides, seleccionados preliminarmente por su forma esférica, color de piel y pulpa, ojos superficiales, y potencial de rendimiento. Como testigo se utilizó el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno (García, 2000).

Durante el primer semestre del año 2000, en el Centro Experimental ICA San Jorge, Barón *et al.*, evaluaron 21 clones provenientes de cruzamientos interespecíficos; los parentales de estos clones fueron las especies diploides Grupo Phureja (cultivar Yema de Huevo - Clon Uno), *Goniocalyx* (Amarilla Tumbay) y la tetraploide *Stuberosum* Grupo Andigenum (variedad Parda Pastusa). Las variables evaluadas fueron: rendimiento de tubérculo y, calidad del mismo (gravedad específica, materia seca, número de ojos “yemas” y crecimiento del brote), se estimó la ploidía a través de conteo del número de cloroplastos por estoma. Se encontraron diferencias en el rendimiento de los clones y variación con relación al contenido de materia seca; se seleccionaron 14 clones por análisis combinado entre las variables de rendimiento y calidad de tubérculo, de los cuales siete fueron superiores al testigo Yema de Huevo - Clon Uno. En la estimación de la ploidía se encontraron individuos diploides y triploides, en otros materiales no se pudo determinar por presentar valores promedio y moda intermedios a los recomendados en la literatura. Adicionalmente, identificaron clones promisorios para la variable longitud de brotes, seleccionando genotipos que presentaron menor crecimiento de los mismos (Barón *et al.*, 2002).

Posterior a este estudio, Monroy en 2001, presentó los resultados de la evaluación de cinco genotipos de tercera generación clonal, con características promisorias, provenientes de hibridación interespecífica simple entre Grupo Phureja, *Goniocalyx* (Amarilla Tumbay) y Grupo Andigenum, evaluando el comportamiento fisiológico y agronómico en dos localidades del departamento de Cundinamarca, el Centro Experimental ICA San Jorge y en el CAM. Los índices de crecimiento evaluados fueron: Tasa de Asimilación Neta (TAN), Índice de Área Foliar (IAF), Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) y Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), rendimiento de tubérculos y gravedad específica. Estos componentes presentaron diferentes tendencias en las dos localidades; en general, los valores fueron superiores para todos los clones en Marengo, donde además presentaron mayor área foliar y peso seco total. Todos los clones fueron superiores al cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. Sin embargo, el clon 70.17 presentó el mejor promedio para gravedad específica, además de tener un buen rendimiento total y un gran porcentaje de tubérculos de categoría segunda, los cuales fueron los de mayor valor para la industria. El clon 69.9 presentó los mayores rendimientos totales de ambas localidades.

Correales y Sarmiento en 2004, evaluaron 12 genotipos de papa criolla provenientes del proceso de selección de híbridos interespecíficos en Toca (Boyacá) a 2700 msnm y Subachoque (Cundinamarca) a 2650 msnm, en donde identificaron la relación existente en la interacción genotipo x ambiente (GE) en el potencial de rendimiento y

calidad industrial evaluadas en: gravedad específica, materia seca, azúcares reductores y totales, características físicas del tubérculo y calidad de fritura en hojuela. A partir de las evaluaciones se lograron identificar cuatro genotipos con características superiores al cultivar Yema de Huevo - Clon Uno; todas las características presentaron interacción GE, es decir, la relación de dependencia de una característica genética a condiciones ambientales. Para las dos localidades, los genotipos Clon - Uno y 98-71.9 presentaron alto rendimiento, tubérculos redondos, piel amarilla, ojos superficiales, color de hojuela uniforme, materia seca del 25%, gravedad específica entre 1.0896 y 1.0897 y, azúcares reductores entre 0.07 y 0.1%.

De otra parte, en el trabajo realizado por Rivera (2002), con cinco clones provenientes de híbridos interespecíficos y el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, evaluó opciones diferentes de procesamiento industrial (precocida congelada IQF, encurtidos en vinagre, hojuelas deshidratadas) con material proveniente de tres localidades: CAM, Centro Experimental ICA-San Jorge e ICA Surbatá, Municipio de Duitama (Departamento de Boyacá), a 2532 msnm. Las variables evaluadas en los tubérculos fueron peso fresco, peso seco, gravedad específica, sólidos solubles totales (SST), pH, forma del tubérculo, tipo de piel, profundidad de ojos, número de ojos, color primario y secundario de piel y pulpa y, en productos: papa precocida, número de papas completas, velocidad de congelación, color de los tubérculos; encurtidos: rendimiento medido en el porcentaje de frascos con tubérculos abiertos, calidad y composición del vinagre cada dos meses después del proceso, requerimientos de llenado de frasco, y variables relacionadas con datos de apariencia; hojuelas deshidratadas: gravedad específica, materia seca y, variables relacionadas con calidad y rendimiento de la masa, en todos los productos se desarrollaron pruebas sensoriales. Los resultados sensoriales permitieron confirmar la aceptación del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno en papa precocida, encurtida y puré, destacándose por color, apariencia externa, textura, aroma y sabor. El clon 98-71.26 presentó alto potencial para ser procesado en forma de encurtido o papa precocida y el clon 98-71.9, para la elaboración de productos deshidratados.

Rivera encontró así mismo, relación entre el diámetro del tubérculo y la inactivación de la enzima peroxidasa en el proceso de precocción; los tubérculos más grandes provenientes de las localidades de Surbatá y Marengo tuvieron un tiempo de precocción de 18 minutos y los de San Jorge, 16 minutos. Frente a la respuesta de la cocción se presentó relación entre localidades, clones y su interacción, la cual se evidenció en el rompimiento de la piel y el estallado de los tubérculos; los clones 98-71.26 y 98-70.17 presentaron pérdidas menores que el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, mientras que el clon 98-69.9 presentó el mayor porcentaje de tubérculos abiertos en las tres localidades debido a su alto contenido de materia seca. En Marengo presentó el menor contenido de materia seca, relacionado con el rendimiento en proceso de enlatado, una alternativa fue el acondicionamiento con CaCl_2 , antes de la precocción, pero se sugirió para la fertilización del cultivo se aumente las dosis de Calcio para darle mayor resistencia a la epidermis y evitar la presencia de corazón negro en tubérculos grandes. En este trabajo, se evidenció que la mayoría de variables, a pesar de ser definidas por el genotipo, están afectadas por las condiciones ambientales; de acuerdo al producto que se quiere elaborar, se debe buscar el mejor ambiente para desarrollar

el cultivo. Para consumo en fresco o elaborar productos deshidratados recomendó sembrar en zonas altas y de buena luminosidad, de tal manera que se produzcan tubérculos de tamaño grande y alto contenido de materia seca; para obtener papa para encurtir o precocer, se recomendaron zonas de baja altitud, suelos livianos, alta luminosidad y humedad constante, condiciones que favorezcan bajos contenidos de materia seca en el tubérculo, lo que se traduce en menores pérdidas en precocción (Rivera *et al.*, 2003).

Durante el segundo semestre de 2002, se evaluó por comportamiento agronómico y rendimiento en proceso de enlatado de ocho genotipos provenientes de selección realizada sobre la progenie obtenida de cruzamientos interespecíficos, mencionados anteriormente. Los genotipos fueron evaluados en dos localidades del departamento de Antioquia, La Unión a una altura de 2528 msnm y San Pedro de los Milagros a 2693 msnm. La información obtenida permitió concluir que los genotipos 98-68.5, 98.71-26 y 98.70-12 poseían un alto porcentaje de tubérculos procesables en lata; este factor de selección los convirtió en potenciales variedades para proceso de enlatado; se estimó que los tubérculos deben poseer características fenotípicas necesarias para este proceso, como forma redondeada, piel lisa y amarilla, pulpa amarilla y ojos superficiales. Se encontró una relación directa entre la aptitud para procesamiento en lata y contenidos de materia seca y gravedad específica bajos, siendo una forma indirecta válida de selección de materia prima para procesar. El empleo de más de un índice de selección y diferentes ponderaciones permitió, simultáneamente, seleccionar genotipos con aptitud para industria y/o de alto valor para consumo fresco (Rodríguez y Ñustez, 2003; Tamara, 2003).

A partir del trabajo de caracterización de la colección por contenido de proteínas, elaborado por Rodríguez (2005), Pineda, evaluó nueve clones y tres variedades de Grupo Phureja por contenido proteico, en el municipio de Tausa (Cundinamarca) a 3298 msnm. En esta evaluación, empleó variedades diploides entregadas por el Programa de Mejoramiento Genético de la Facultad de Agronomía de UNC: Criolla Colombia, Criolla Latina y Criolla Paisa, además de cinco clones con niveles bajos de proteínas y cuatro clones con niveles altos de proteína; las variables medidas fueron proteína total y rendimiento de tubérculos/planta. Bajo las condiciones ambientales de evaluación, los clones Phuc 11, Col 44 y Col 65 mantuvieron niveles altos de proteína total, en tanto que, Col 57, Col 49, Col 28, Col 96 y variedad Criolla Colombia presentaron niveles bajos de proteína total, manteniendo la tendencia reportada por Rodríguez en 2005. El rendimiento de tubérculos presentó una variación entre 0.08 y 1.49 kg/planta. Los materiales que presentaron los mayores rendimientos fueron Col 96, seguido por las variedades Criolla Colombia, Criolla Paisa y los clones Col 65, Col 102 y Phuc 11 (Pineda, 2006).

Mosquera mencionó que la construcción de mapas genéticos de papa se basa en la reducción de ploidía a nivel $2n$ y en el perfeccionamiento de marcadores basados en DNA; esto permite desarrollar metodologías de selección asistida empleando marcadores moleculares, la cual, presenta ventajas en tiempo y costo de los procesos de selección, al permitir la diferenciación de plantas que presenten la característica

Tabla No. 6. Mapas moleculares referentes, contruidos para cromosomas de papa

Especies parentales	Nombre población	Tamaño y tipo de la progenie	Tipo de marcador	Número de loci marcadores	Referencia
S. phu x [S. tbr x S. chc]	?	65 F1	RFLP Isoenzima	134	Bonierbale et al., 1988
[S. tbr x S. tbr] x S. tbrb	BC9162	67 BC1	RFLP, SSR	~ 450,	Gebhardt et al., (1989, 1991, 2001), Milbourne et al., (1998)
[S. tbr x S. ber] x S. ber	?	155 BC1	RFLP	~ 180	Tanksley et al., (1992)
[S. phu x S. tbr] x ([S. phu x S. tbr] x S. tbr)	C x E	67 BC1	Morfológicos isoenzimas, RFLP,AFLP, cDNA-AFLP	~ 1200	Jacobs et al., (1991, 2003), Leister et al., (1996)
S. tbr x [S. tbr x S. spg]	F1840	92 F1	RFLP	455	Gebhardt et al. (1991, 2003) Leister et al., (1996)
S.tbr x S. tbrb	SH x RH	136 F1	AFLP	~ 10.000	Roupe van der Voort et al. (1997)

tbr =tuberosum; *be* = berthaultii; *phu* = phureja; *chc* = chacoense; *spg* =spgazzinii

Clones de *S. tuberosum* con material genético a partir de especies silvestres en su pedigree

Fuente: Mosquera, 2006

deseada tempranamente. (Mosquera, 2006). La Tabla No. 6 muestra diferentes construcciones de mapas moleculares para papa.

Usando varios tipos de marcadores basados en DNA, se han construido mapas de ligamiento molecular detallados para los 12 cromosomas de papa en algunas poblaciones diploides. En la mayoría de los casos, los parentales cruzados para la generación de la población mapeada incluyeron además de *S. tuberosum* otras especies estrechamente relacionadas con capacidad de hibridar con *S. tuberosum*. Meyer *et al.* (1998), construyeron un mapa de ligamiento basado en marcadores AFLPs, el cual, cubrió 48 grupos de ligamiento de una papa tetraploide. El mapa citogenético de la papa fue anclado a los mapas moleculares mediante FISH (Fluorescent In Situ Hybridization) con sondas a partir de 12 marcadores RFLP específicos para cada cromosoma y de posición conocida en los mapas moleculares. Estos mapas moleculares y los marcadores de DNA constituyen actualmente el esqueleto del análisis del genoma en papas cultivadas y especies del género *Solanum* relacionadas que tuberizan (Gebhardt, 2004 citado por Mosquera, 2006).

Durante los años 2002 y 2003, Mosquera construyó una población segregante de 125 individuos para el carácter resistencia cuantitativa a *P. infestans*, a partir del cruzamiento de dos clones de Grupo Phureja. El parental femenino fue 48A.3 (CCC122.29

x Tomilla 1), el cual presenta susceptibilidad a *P. infestans* calificada con 9 en la escala del CIP y el parental masculino 2A.4, (CCC150.9 x CCC118.7) el cual presenta resistencia calificada con 3. Los padres fueron evaluados en ensayos de campo, durante los años 2004 y 2005 en Rionegro, Antioquia a 2125 msnm, zona que presenta condiciones de clima muy favorable para el desarrollo de la enfermedad. La raza de *P. infestans* que se empleó fue una raza compleja proveniente del CAM de la UNC denominada (1.2.3.4.5.6.7.10.11). La población se mantuvo en el Centro Experimental ICA San Jorge (Soacha a 2800 msnm). De las plantas se tomaron folíolos para los ensayos de resistencia a la enfermedad. En estas evaluaciones se calculó la tasa de crecimiento lineal de la lesión, que es el componente más representativo de resistencia a *P. infestans*.

Posteriormente, Mosquera construyó mapas de ligamiento a partir de 92 individuos del total de la población, más los dos progenitores; los individuos evaluados fueron aquellos que presentaron la información completa en cuanto a los análisis moleculares realizados. Se seleccionaron marcadores moleculares ancladores basados en reacciones PCR-DNA, asociados con el carácter de resistencia a *P. infestans*, 30 marcadores microsatélites SSR polimórficos e informativos de un total de 97 evaluados. A partir de estos datos se identificaron los alelos polimórficos para cada uno de los parentales; de igual manera se seleccionaron tres marcadores informativos SCARS y CAPS, los cuales permitieron relacionar AFLP con cromosomas conocidos; a partir de esta información se elaboraron tres mapas de ligamiento genético para el Grupo Phureja usando marcadores moleculares; el mapa del parental femenino cubrió una longitud total de 589,4 cM; el masculino 271,3 cM y el mapa integrado de los dos parentales cubrió una longitud de 1041,5 cM. A través de los mapas de los parentales femenino y masculino se identificaron ocho cromosomas y del mapa integrado diez cromosomas: I, II, III, IV, V, VII, IX, X, XI y XII.

Con estos datos y la evaluación fenotípica para las variables tasa de crecimiento de la lesión medida a los tres días después de la inoculación, a las 24 horas después de la primera evaluación, 48 horas después de la segunda evaluación y área bajo la curva de progreso de la enfermedad, se realizó la detección de locus para rasgos cuantitativos QTL. La esperanza de la segregación de los alelos de la población F1 fue 3:1 y 1:1. En el mapa de ligamiento femenino trece QTLs fueron identificados, doce de ellos determinaron susceptibilidad y uno resistencia a *P. infestans* y se localizaron en los cromosomas II, III, IX y los grupos de ligamiento seis y ocho. En el mapa integrado se identificaron doce QTLs. Diez de ellos para susceptibilidad y dos para resistencia y se localizaron en los cromosomas II, III, IV y IX y en el grupo de ligamiento seis y se reportó un nuevo QTL sobre el cromosoma IV.

Villa *et al.* (2007), evaluaron técnicas de crioconservación en 98 accesiones de papa criolla de la colección de CORPOICA, de donde se seleccionó una accesión para desarrollar protocolos para encapsulación – deshidratación y encapsulación – vitrificación. A partir de este trabajo, se determinó que es necesario implementar una etapa de preacondicionamiento para disminuir el riesgo de incluir ápices con daño mecánico; la revigORIZACIÓN durante 3 a 5 días antes de la etapa de congelación favoreció el proceso

de post-congelación. Igualmente, se determinó que la tasa de recuperación después del congelamiento fue del 10%.

3. Registros oficiales de variedades de papa criolla

En Colombia, como etapa final de un proceso de fitomejoramiento, para la inscripción en el Registro Nacional de Cultivares, debe existir una evaluación agronómica en una subregión agroecológica, de conformidad con la Resolución ICA No. 00148 del 18 de enero de 2005.

El grupo de Mejoramiento Genético de papa de la Facultad de Agronomía de la UNC, liderado por los profesores Luis Ernesto Rodríguez y Carlos Eduardo Ñustez, generó cruzamientos interespecíficos que permitieron la obtención y selección de genotipos superiores mediante un índice combinado de selección. Sus principales cualidades fueron mayor periodo de reposo, alto rendimiento del tubérculo, fresca duradera, consistencia sólida del producto y resistencia a enfermedades que atacan el cultivo como la Gota de la Papa.

Los registros solicitados ante el ICA fueron presentados para subregiones agroecológicas del Oriente Antioqueño y el Nudo de los Pastos (Acevedo, 2005).

3.1 Ecoregión Oriente Antioqueño

La UNC a finales del año 2004, entregó a los agricultores en el municipio de La Unión (Antioquia), tres cultivares de papa criolla registrados ante el ICA como nuevas variedades, con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, ICA, FEDEPAPA, la Asociación Hortifrutícola de Colombia y el Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa (CEVIPAPA). Las pruebas de evaluación agronómica se establecieron en Antioquia en los semestres A y B del año 2002, en los municipios La Unión, San Pedro, Santa Helena y Marinilla, donde se identificaron genotipos de alto valor agronómico y aptitud para procesamiento industrial (Rodríguez-Molano *et al.*, 2006).

Las características de las variedades de papa Criolla Colombia, Criolla Latina y Criolla Paisa, son las siguientes:

- **Criolla Colombia.** Esta variedad surgió de la necesidad de registrar oficialmente el Clon Uno, seleccionado dentro del convenio CORPOCEBADA - FEDEPAPA, a partir de la multivariiedad "Yema de Huevo". Las características corresponden a plantas con hábito de crecimiento erecto, follaje de color verde claro, flor lila oscuro; maduración temprana (120 días); tubérculos redondos amarillos, ojos semiprofundos; gravedad específica de 1.088; excelente calidad culinaria para consumo fresco y rendimiento promedio de 13 a 15 ton/ha (Zapata *et al.*, 2006).

- **Criolla Latina.** (Clon 98-68.5) Variedad producto del cruzamiento *S. tuberosum* Grupo Phureja cultivar Yema de Huevo - Clon Uno X *S. tuberosum* Grupo Andigenum cultivar Parda Pastusa. Esta variedad recibe su nombre por su aptitud para enlatado. Presenta hábito de crecimiento erecto, follaje color verde intermedio, flor lila oscuro; tubérculos de forma redondo, ojos semiprofundos, piel y pulpa amarillo intenso; apta para el procesamiento industrial tipo encurtido (lata o vidrio) y precocida congelada; moderadamente resistente a Gota de la Papa, gravedad específica 1.078, periodo de reposo de 21 días, rendimiento promedio de 18 a 20 ton/ha y rendimiento en lata de 36.4% (Rodríguez y Ñustez, 2003).
- **Criolla Paisa.** (Clon 98-70.12) Variedad producto del cruzamiento *S. gonio-calyx* cultivar Amarilla Tumbay X *S. tuberosum* Grupo Phureja cultivar Yema de Huevo - Clon Uno (Criolla Colombia). Presenta hábito de crecimiento erecto, follaje color verde claro, flor blanca; tubérculos de forma redonda, ojos semiprofundos, color piel y pulpa amarillo, gravedad específica 1.085; maduración temprana (120 días); moderadamente resistente a Gota de la Papa; periodo de reposo del tubérculo de 15 días; excelente calidad culinaria para consumo en fresco, rendimiento promedio de 22 a 25 ton/ha y rendimiento en lata de 41.48% (Rodríguez y Ñustez, 2003).

3.2 Ecoregión Nudo de Los Pastos

La evaluación se desarrolló en dos semestres consecutivos; el trabajo preliminar se realizó en el semestre A de 2003, en la Granja Experimental Jamondino a cargo de FEDEPAPA, que permitió la selección de siete genotipos superiores, los cuales se sembraron durante el semestre B de 2003 en 14 localidades representativas de la zona papera del departamento de Nariño. Las variables evaluadas fueron rendimiento y gravedad específica. Se identificaron genotipos superiores, con alto valor agronómico, se destacaron los genotipos: clon 98-68.3 (20.98 ton/ha), clon 98-70.10 (20.64 ton/ha) y clon 98-68.5 (20.58 ton/ha), los cuales fueron estadísticamente superiores a Yema de Huevo - Clon Uno. Los genotipos seleccionados presentaron características importantes como alto potencial de rendimiento de tubérculos, forma redonda, ojos semiprofundos, piel lisa, color de piel y pulpa amarillo y gravedad específica alta; el clon 98-69.9, presentó valores bajos para gravedad específica, destacándolo para proceso de enlatado, piel roja y pulpa amarilla, característica interesante en la región, por la preferencia en el consumo de papas tipo chaucha (Ñustez y Rodríguez, s.f.).

El ICA, a través del Grupo de Pruebas de Evaluación Agronómica, mediante acta No 079 de Octubre 25 de 2006, aceptó los genotipos clon 98-68.3 (Criolla Galeras) y clon 98-70.10 (Criolla Guaneña) como nuevas variedades de papa criolla para su comercialización en la Sub-región natural Nudo de Los Pastos. El ICA admitió la ampliación de registro como cultivares comerciales para la misma Sub-región natural a las variedades Criolla Latina y Criolla Colombia; este último genotipo presentó alto rendimiento en categoría segunda (tamaño procesable), confirmándolo como

material valioso para consumo fresco y procesado de forma precocido congelado. La evaluación de los clones se realizó en nueve localidades: Jamondino A, Jamondino B, El Barbero, Guadalupe, San Gabriel A, San Gabriel B, La Laguna, La Esperanza y Las Encinas. A continuación se presentan las principales características de las dos nuevas variedades de papa criolla:

- **Criolla Guaneña.** (Clon 98-70.10) Variedad producto del cruzamiento *S. goniocalyx* cultivar Amarilla Tumbay X *S. tuberosum* Grupo Phureja variedad Criolla Colombia. Presenta porte medio, erecto, con buen desarrollo de follaje, forma de tubérculo redondo, ojos superficiales, piel lisa, color de piel y pulpa amarilla, color de flor morado intenso, brote morado, moderadamente resistente a Gota de la Papa, periodo vegetativo de 130 días, periodo de reposo del tubérculo de 20 días, materia seca entre 22 y 25%. Excelente calidad culinaria para consumo en fresco y aptitud para fritura en hojuelas, rendimiento promedio de 32 ton/ha.
- **Criolla Galeras.** (Clon 98-68.3) Variedad producto del cruzamiento *S. tuberosum* Grupo Phureja variedad Criolla Colombia X *S. tuberosum* Grupo Andigenum variedad Parda Pastusa. Presenta porte medio, erecto, buen desarrollo de follaje, tubérculo forma redondo, ojos medios a profundos, piel lisa, color de piel y pulpa amarillo, color de flor violeta intenso, brote color rojo. Periodo vegetativo de 130 días, periodo de reposo del tubérculo de 20 días. Excelente calidad culinaria para consumo en fresco, materia seca entre 21 y 23% y rendimiento promedio de 30 ton/ha, con predominio de papa gruesa.

Aparte de los desarrollos de mejoramiento genético en las cuatro nuevas variedades de papa criolla, es importante destacar la incorporación del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno como parental en la obtención de la variedad Pastusa Suprema [*sto* 230490 x *phu* (Yema de Huevo)] x Adg (variedad Parda Pastusa), la cual presenta maduración semitardía, adaptabilidad a zonas intermedias, tubérculo de forma redonda aplanada con pulpa crema, piel color pardo con ojos semiprofundos, buen desarrollo de follaje, erecto y verde claro. Es una variedad altamente resistente a la Gota de la Papa, resistente a PVS y poco sensible a PLRV, presenta excelente calidad culinaria y buena fritura en hojuela, rendimiento promedio de tubérculo 35 a 40 ton/ha, características que la han convertido en un genotipo de amplia aceptación por parte de los agricultores en el país.

4. Desarrollos en Ingeniería Genética

La Ingeniería Genética ofrece la posibilidad de introducir genes específicos a las plantas sin alterar sus características agronómicas propias, permitiendo modificar y aumentar el contenido genético de las variedades disponibles en poco tiempo (Johnson y Veilleux, 2003). La modificación genética de las variedades cultivadas tiene un alto potencial para solucionar los problemas causados por el ataque de plagas y enfermedades.

Diferentes autores en el mundo han desarrollado variedades transgénicas de *Solanum tuberosum* resistentes a insectos, hongos y virus. En el mismo sentido, variedades transgénicas de Grupo Phureja con mayor producción de carotenos han sido reportadas (Ducreux *et al.*, 2005). La producción de una planta transgénica implica el desarrollo de un sistema de regeneración y de transformación, el porcentaje de regeneración y la eficiencia de transformación dependen del genotipo, del explante o tejido y de la variedad empleada (Barrero – Farfan y Chaparro, 2008).

Quintero *et al.* (s.f.) desarrollaron una metodología para realizar aislamiento y cultivo de protoplastos de siete cultivares de papa criolla, mediante métodos enzimáticos a partir del mesófilo de las hojas, tallos y callos de plantas cultivadas en medio MS- modificado, desarrollados a partir de semillas sexuales y de meristemos. Los materiales vegetales empleados fueron los cultivares Yema de Huevo, Chaucha negra, Chaucha y los clones 188, 188.2, 1360 y 1381.

Trabajos desarrollados en la UNC por Franco (1998), sobre modificación genética permitió la obtención de clones transgénicos de Grupo Phureja cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, buscando conferir resistencia al Virus del Enrollamiento de la Hoja (PLRV), a partir de discos de folíolos que fueron cocultivados con la cepa de *Agrobacterium tumefaciens* LBA4404, con el plásmido pSCR107, desarrollado del pROK2, vector binario basado en pBin19. Este vector contiene una secuencia de cDNA complementario desarrollada del genoma del virus y va desde el nucleótido 3582 al 4581 e incluye el ORF3 que corresponde al gen de la proteína de la cápside (CP) del virus, bajo la regulación del promotor CaMV 35S, terminando con la secuencia de poliadeninas de la nopalina sintetasa. Las plantas fueron obtenidas por organogénesis *in vitro* a partir de los discos de folíolos de *S. phureja* en medios con kanamicina, incubados a 20°C y 2000 lux. Cuando los brotes se desarrollaron fueron transferidos a medio MS30 con cefotaxime y kanamicina y, finalmente, fueron adaptados a condiciones de invernadero.

Santos (2002), realizó la transformación de las cepas LBA4404 de *Agrobacterium tumefaciens* y DH5a de *Escherichia coli*. Utilizando la técnica de choque térmico incorporando el vector binario pNOV022, que contenía la construcción p35S-IP-t35S - pUBQ-PMI-tNos (promotor 35S del CaMV, inhibidor de proteasas, terminador 35S del CaMV, promotor ubiquitina 3, fosfomanosa isomerasa y terminador de la nopalinsintetasa). Igualmente, se realizó selección de clones bacterianos transformados (basado en la resistencia a espectinomicina y/o estreptomycin) y su caracterización molecular por medio de PCR y un perfil de restricción. Buscó producir un vector adecuado para la transformación estable de papa criolla y de papa de año, confiriendo resistencia a insectos. Los resultados de las metodologías empleados evidenciaron la introducción del plásmido recombinante en *E. coli* y *A. tumefaciens*; la eficiencia de transformación fue baja ($0,032 \times 10^{-8}$) y los resultados de PCR mostraron amplificación de una secuencia de 500 pb del gen inhibidor de proteasa aislado a partir de cepas transformadas. Las condiciones de los medios de selección para diferenciar cepas transformadas fueron estandarizadas.

Posteriormente, Leyva (2004) evaluó la resistencia a la acumulación del virus PLRV en los clones transgénicos de *S. tuberosum* Grupo Phureja cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, AT49, 63 y 100 y los clones AT14 y 81 obtenidos por organogénesis de hoja, empleando como testigo el genotipo Clon Uno. La evaluación se realizó en condiciones de invernadero en el Centro Experimental ICA-San Jorge; los clones micro-propagados *in vitro* y adaptados a condiciones de invernadero fueron inoculados por injerto. La evaluación de resistencia se hizo en la segunda inoculación, permitiendo comparar las concentraciones virales en hojas y tallos laterales a los 30, 60 y 90 días de inoculación. Se determinó que los clones transformados presentaron una acumulación viral significativamente menor a la presentada en los clones no transformados y, estos a su vez, con el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, atribuyéndose a la expresión del transgen.

Carvajal y Chaparro reportaron en 2004, las condiciones para el establecimiento *in vitro*, micropropagación y regeneración de papa criolla y el establecimiento de una serie de parámetros críticos para la transformación genética de *S. tuberosum* Grupo Phureja cultivar Yema de Huevo- Clon Uno mediada por *A. tumefaciens*, producto de ensayos realizados en el Laboratorio de Biología Molecular y Cultivo de Tejidos del Grupo de Ingeniería Genética de Plantas de la UNC (IGP-UN), sede Bogotá, adscrito al Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias y en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía de la UNC. Se utilizó un vector de transformación con el plásmido pNOV022 conteniendo una construcción quimérica con los genes *mirl2* (codifica para un inhibidor de proteasas) y *pmi* (codifica para fosfomanosa isomerasa). La introducción *in vitro* de material de papa criolla, se estandarizó con un medio de regeneración para explantes de entrenudos, obteniéndose 46% de regeneración en explantes cultivados en frascos con tapones de gasa-algodón; la diferenciación de brotes se inició hacia la quinta semana, pero su mayor producción fue entre las semanas 10 y 12. Las condiciones de cocultivo con *A. tumefaciens* estandarizadas incluyeron cocultivo líquido de 30 minutos con dilución 1:50 y la posterior siembra de los explantes en medio de regeneración con adición de cefatoxina (250 mg/l). En estas condiciones se obtuvieron regenerantes potencialmente transformados pero, mediante la aplicación de la técnica de PCR, se determinó que ninguno era transgénico.

El grupo de investigadores de IGP-UN liderados por el profesor Alejandro Chaparro, reportó en el año 2007 la optimización del sistema para la regeneración de plantas del Grupo Phureja mediante el desarrollo de un medio de regeneración con balance adecuado de los reguladores de crecimiento ZR, ANA y AG3 en una proporción 100:2:1, bajo condiciones de temperatura de $21 \pm 3^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de 65% y fotoperiodo 16 horas luz - 8 horas oscuridad. El porcentaje de formación de callos mediante la utilización del medio reportado fue 87.6% en el primer ensayo y 87.2% en el segundo ensayo, mientras que el porcentaje de regeneración fue de 48.6% en el primer ensayo y de 100% sobre los callos seleccionados en el segundo ensayo, lo que demostró la efectividad del procedimiento en dos fases para la obtención de plántulas regeneradas. Estos resultados favorecen estudios posteriores de transformación de plantas, pues la formación de callos es uno de los principales factores que influyen en dicho proceso. El tipo de explante, la calidad y el origen del mismo tienen

efectos notorios en los procesos de regeneración, manifestándose en la obtención de material vegetal con muy buenas características fenotípicas, disminuyendo pérdidas por clorosis temprana y efectos letales de la oxidación (Díazgranados y Chaparro, 2007).

Barrera-Farfán y Chaparro (2008), establecieron la susceptibilidad de esta variedad a la transformación genética mediada por *A. tumefaciens*, con el fin de determinar la eficiencia de transformación transitoria y estable. Fueron infectados explantes internodales con la cepa de *A. tumefaciens* LBA4404 que contiene el plásmido pCambia2301. La selección mediante kanamicina y la expresión *gus* determinaron una frecuencia de transformación del 6%. Se reporta así por primera vez, los procesos iniciales de transformación genética para esta variedad de papa criolla. Finalmente, con base en los resultados de la expresión del gen *gusA*-intron y la obtención de explantes viables en kanamicina, se pudo concluir que *A. tumefaciens* infectó células de explantes internodales derivados de plántulas de la variedad Criolla Colombia. De lo anterior se concluyó que las características agronómicas de papa criolla Grupo Phureja variedad Criolla Colombia, la hace una excelente candidata para realizar ensayos de transformación genética.

CAPITULO 2

Aspectos agronómicos y ambientales

1. Morfología de la planta de papa criolla

La raíz de la papa criolla, como la de la gran mayoría de papas, es escasa, de poco volumen de expansión e ineficiente a la hora de tomar y absorber agua y nutrientes. La planta se caracteriza por tener un juego de tallos verdaderos (aéreos) y tallos modificados (estolones y tubérculos). Los tallos aéreos son herbáceos, de longitud y diámetro variables. Las plantas provenientes del tubérculo-semilla presentan, en promedio, cinco tallos los cuales ramifican de acuerdo a la densidad de siembra. Cada tallo se considera una unidad de producción independiente y puede llegar a producir entre 2.5 y 8.0 tubérculos. Las plantas provenientes de semilla sexual solo desarrollan un tallo principal proveniente del epicotilo del embrión (Cabezas y Corchuelo, 2005).



Desarrollo del primer tallo aéreo



Desarrollo del sistema radical y tallos aéreos

Los estolones son tallos modificados laterales, de crecimiento subterráneo cuyo origen tiene lugar en las yemas axilares de los nudos basales en los tallos principales; terminan en forma de ganchos y en el extremo apical se originan los tubérculos. En el Grupo Phureja los estolones son más cortos que en los Grupos Chilotanum y Andigenum de *S. tuberosum*, dando como resultado un hábito de tuberización poco expandido (Arias *et al.*, 1996), los tubérculos son órganos subterráneos cuyo origen lo conforma la curvatura subapical de los estolones. Funcionalmente, son estructuras de almacenamiento y conforman la principal forma de propagación asexual de la especie. Morfológicamente, este tallo modificado presenta dos caras bien definidas, una proximal o basal, en el punto de inserción con el estolón y una apical, en el extremo opuesto, la cual contiene yemas potencialmente habilitadas para generar nuevos tallos y raíces. Entre estos dos puntos se encuentran yemas laterales en cada una de las hendiduras del tubérculo, las cuales corresponden a los nudos, que igualmente son capaces de ser inducidos y desarrollar estructuras caulinares (Cabezas, 2002).



Inflorescencia en papa criolla



Desarrollo de bayas, "mamón" o "llorón"

Las estructuras reproductivas, flor y fruto, son terminales; su aparición y desarrollo se da con la formación de estolones y tuberización respectivamente. La flor del Grupo Phureja es hermafrodita, completa, pentámera y de colores variados, estambres prominentes y ovario súpero. La inflorescencia se organiza en cimas; los frutos son bayas de color verde, esféricas y biloculares, con abundantes semillas. La semilla está recubierta por arilo y en el mesocarpio y epicarpio se encuentran altas cantidades de alcaloides, en su mayoría tóxicos (Cabezas, 2002).

La Tabla No. 7 contiene la descripción del Catálogo Nacional de Metadatos sobre Biodiversidad, del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia; elaborada por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, denominada Fichas de papa (*Solanum tuberosum*) y sus parientes silvestres, para el catálogo de especies presentes en Colombia, empleando la fuente original "Juzepczuk S.V., Bukasov M. (1930) Trudy Vsesoyuznogo S"ezda po Genetike, Seleksii, Semenovodstvu i Plemennomu Zhivotnovodstvu v Leningrade 10 -16 ianvaria 3".

Tabla No. 7. Ficha de papa criolla (Grupo Phureja).
Catálogo Nacional de Metadatos sobre Biodiversidad

ÓRGANO	CARACTERÍSTICAS
PLANTAS Y HOJAS	<p>Tallos simples o ramificados, 30 – 60 (-80) cm de altura por 6 – 8 (-12) mm de diámetro en la base, vertical a semidecumbente o decumbente, no alado o ligeramente alado, usualmente pigmentado con púrpura.</p> <p>Hojas usualmente amplias y abreviadas, 15 – 23 (-30) cm de longitud por 8 – 10 (-14) cm de ancho, con 5 – 6 (-7) pares de folíolos y un número variable (18 - 30) de folíolos interpuestos de diferentes tamaños. Folíolos más o menos pilosos, algunos brillantes por encima, ligeramente ovados a elíptico-lanceolados o ligeramente elípticos, el ápice puntiagudo o subpuntiagudo y la base oblicuamente redondeada, sésiles o nacen en cortos peciolas u ocasionalmente algo decurrentes sobre el raquis. Folíolos terminales, 6.0 – 7.5 cm de longitud por 2.5 – 3.5 cm de ancho, ligeramente más largos que el primero y segundo pares de folíolos laterales. Pedúnculos, 5 – 7 (-12) cm de longitud, 5 – 9 flores, angosto, 1.8 – 2.0 mm de diámetro en la base, más o menos piloso como en los pedicelos y el cáliz, cubierto con pelos cortos y tricomas triangulares</p>
FLORES	<p>Pedicelos angostos, 15 – 20 (-25) mm de longitud, articulados cerca del centro o por encima del primer tercio superior del tallo. Cáliz, 7 - 8 mm de longitud, usualmente fuertemente pigmentado, asimétrico con 1 o 2 pares de lóbulos unidos, u ocasionalmente simétricos, los lóbulos puntiagudos, lanceolados y abruptamente angostos, hasta 1.5 – 2.0 mm de longitud de los acúmenes, estos reflejos en la yema. Corola rotada a rotado-pentagonal, usualmente plegados, 2.5 – 3.0 (-3.5) cm de diámetro, violeta-rojizo oscuro o violeta profundo, los lóbulos generalmente cortos y conspicuamente amplios y con acúmenes ampliamente triangulares y cortos, blancuzcos por debajo. Cono estaminal cilíndrico-cónico a subdoliiforme; anteras 4.5 – 5.5 mm de longitud y 1.8 mm de ancho, cordado en la base, nace sobre filamentos de 1.5 – 2.0 mm de longitud y 1 mm o menos de diámetro. Estilo angosto, 9 - 10 mm de longitud, exerto por encima de 3.5 mm de su longitud, densamente cubierto con papilas muy cortas a lo largo del tercio basal de su longitud; estigma capitado, pequeño, menos de 1 mm de diámetro, ligeramente agrietado.</p>
FRUTO	<p>Fruto globoso, ovoide a oval-cónico, 1.5 – 2.5 cm de longitud, verde claro o verde con rayas verticales púrpura claro. Numero cromosómico: $2n=24$. Raramente autotetraploide $2n=48$.</p>
ESTOLONES Y TUBERCULOS	<p>Tubérculos ampliamente oblongos u oval-elongados a subcilíndricos largos, ojos profundos, brotes azul-violeta oscuro, peridermo variegado con rojo-violeta y blanco-amarillento a amarillo, pulpa blanca o blanco-grisácea.</p>

Ficha nomenclatural: <http://www.siac.net.co/sib/aat/WebModuleAAT/DetalleOrganismo.jsp?idTaxon=36623>

Fuente: <http://www.siac.net.co/metadatos//showMetadato.jsp?conjunto=4579>

2. Crecimiento y Desarrollo

El crecimiento vegetal se define como aumento irreversible del tamaño y peso seco de las plantas (altura, área foliar, diámetro, número de células y cantidad de protoplasma) o los cambios que ocurren en una planta o población de plantas a través del tiempo, fenómeno acompañado del aumento en la complejidad estructural metabólica del

organismo (diferenciación celular, número de hojas), por procesos de división y alargamiento celular, incorporación de materia y energía del ambiente (fotosíntesis, absorción de agua y de iones) y metabolización subsiguiente, la cual se traduce en multiplicación y diferenciación celular. Este proceso está íntimamente relacionado con algunos factores internos como fotosíntesis, respiración, transpiración, condiciones de estrés, concentración enzimática, balance hormonal y expresión genética (Salisbury y Ross, 1972; Cabezas, 2005).

La evaluación del crecimiento y desarrollo se lleva a cabo por medio de técnicas para cuantificar los componentes de rendimiento, englobados en el término general “Análisis de Crecimiento”, el cual se refiere a las relaciones de variación entre la cantidad de material acumulado, medido en tamaño o peso y parámetros de órganos asimilatorios. Esta es una aproximación cuantitativa para entender el crecimiento de una planta o de una población de plantas, bajo condiciones ambientales naturales o controladas (Clavijo, 2001). Los índices de crecimiento obedecen a cinco categorías expresadas en la Tabla No. 8.

Tabla No.8. Técnicas de análisis de crecimiento
y algunos índices dependientes de las categorías

CATEGORIAS	INDICES
Tasa Absoluta de Crecimiento	TAC
Tasa Relativa de Crecimiento	TCR
Relaciones Simples	Razón de peso foliar (RPF) Área foliar específica (AFE) Índice de área foliar (IAF) Índice de cosecha (IC)
Tasas Compuestas de Crecimiento	Tasa de asimilación neta (TAN) Tasa de crecimiento (TCC) Tasa de absorción específica (TAE) Tasa unitaria de producción (TUP)
Duraciones Integradas	Duración de área foliar (DAF) Duración de la biomasa (DB)

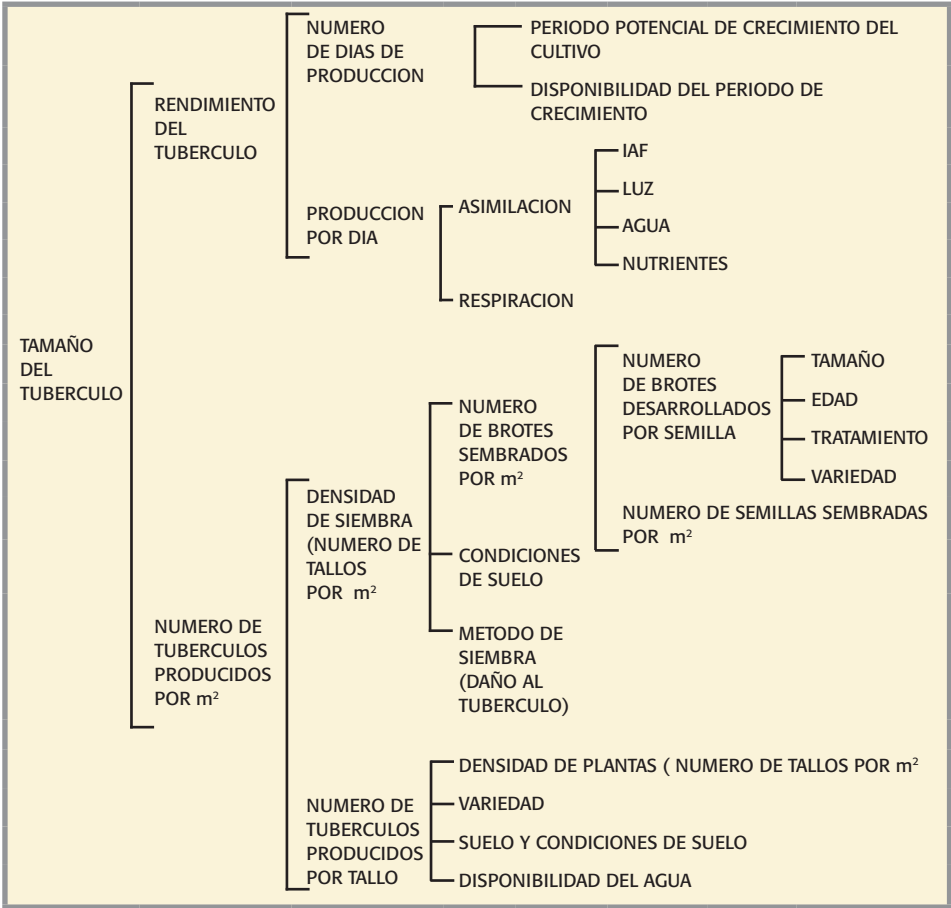
Fuente: Cabezas, 2005

En la planta de papa dos importantes procesos fisiológicos asociados con factores de rendimiento son: fotosíntesis y respiración. En la fotosíntesis se produce carbohidratos, consumidos por la respiración. La producción por unidad de tiempo (asimilación neta) es calculada por sustracción de la cantidad de carbohidratos usados por la respiración de la cantidad de carbohidratos producidos por asimilación. Un alto porcentaje de carbohidratos contribuye al crecimiento de los tubérculos; este nivel de crecimiento y la longitud del periodo en el cual se da, responde directamente a la expresión de rendimiento, la cual relaciona producción/día, por el número de días en la cual se da esa producción (Beukema, 1979).

Más del 90% del peso seco acumulado por la planta de papa es derivado de la fijación y asimilación de CO₂ y del proceso de fotosíntesis a través de la estructura del dosel. La papa tiene metabolismo fotosintético C₃ (Ciclo de Calvin o Ciclo de reducción fotosintética de carbono), el cual se caracteriza por presentar altas tasas de transpiración, fotorespiración detectable y punto de compensación alto de CO₂.

Numerosos factores influyen en la asimilación del carbono: estructura de la hoja, temperatura, intensidad de luz y tasas de crecimiento del tubérculo (Li, 1985, citado por Monroy *et al.*, 2001). La organización de factores se encuentra en la Figura No. 2.

Figura No. 2. Factores que influyen el rendimiento de papa



Los factores que se enuncian a continuación, tienen una relación directa con el crecimiento y desarrollo de la papa:

- **Longitud del día.** Influye considerablemente en el hábito de crecimiento; generalmente, es considerado como uno de los principales factores que

regulan la tuberización. El fotoperiodo influye sobre la síntesis de proteínas y almidón del tubérculo. En general, las exposiciones de follaje a días cortos inducen la tuberización; las plantas muestran una formación temprana del tubérculo y los estolones son cortos. En exposiciones a días largos, las plantas inducen floración y formación de ramas laterales y la restricción en la tuberización o la producción de tubérculos es mucho más tarde. Las variedades del Grupo Andigenum, procedentes de los Andes de América del Sur requieren días cortos para la tuberización, comparados con variedades del Grupo Chilotanum, las cuales requieren días largos.

- **Temperatura.** Influye en la formación del tubérculo, ya que existe una interacción entre esta variable ambiental y la longitud del día denominada termofotoperiodo. Los efectos de temperatura y fotoperiodo son cruciales al inicio del crecimiento temprano del tubérculo y la subsecuente participación de la materia seca; es así como el fotoperiodo largo retrasa el comienzo del crecimiento del tubérculo, por consiguiente, el llenado del mismo. Las condiciones más favorables para la tuberización y crecimiento del tubérculo son días cortos y temperaturas nocturnas bajas. La formación de tubérculos es un proceso altamente relacionado con el régimen de temperatura (Li, 1985, citado por Monroy *et al.*, 2001). Temperaturas entre 15 y 19°C son óptimas para iniciar el crecimiento del tubérculo; 17°C es un promedio de temperatura para una buena producción de papa. En temperaturas altas (20 a 29°C), las plantas producen más follaje, se induce el desarrollo de tallos, pero las hojas son más pequeñas, se incrementa el número de entrenudos y los estolones son más largos; se retrasa el comienzo del crecimiento del tubérculo y se demora el inicio del llenado del mismo, ocasionando una disminución en la relación peso seco - peso fresco del tubérculo y un decrecimiento de fotoasimilados, originando reducción en el suministro de carbohidratos, debido a que se limita la entrada de asimilados y se inhibe directamente la conversión de azúcares a almidón, especialmente bajo condiciones de día largo. (Valbuena, 2000, citado por Monroy *et al.*, 2001). A medida que aumenta la temperatura, se incrementa la velocidad de crecimiento de la planta hasta llegar a un nivel óptimo, luego decrece, direccionado por la acción fotosintética; mientras la respiración continúa aumentando con la temperatura (Lujan, 1994).
- **Intensidad de la luz.** El inicio del crecimiento del tubérculo está influenciado por la duración de la luz diaria; por consiguiente, la intensidad de luz recibida durante ese período tendrá un marcado efecto sobre el crecimiento posterior de los tubérculos, ya que la intensidad lumínica es un factor importante en la síntesis de carbohidratos a través del proceso de la fotosíntesis. Se demostró que con bajas intensidades de luz generalmente disminuye la fotosíntesis, se presenta reducción en la acumulación de biomasa, no hay producción de brotes axilares, se disminuye la elongación de los tallos y se retarda el crecimiento del tubérculo (Valbuena, 2000, citado por Monroy *et al.*, 2001).

- **Agua.** Las plantas absorben agua en forma continua del medio en el cual se desarrollan y por transpiración evaporan el agua hacia el aire que las circunda. La pérdida de agua es menor a bajas intensidades de luz. Las hojas de papa pueden perder entre 30 hasta 39% de su peso y recuperarse sin daño, al aumentar el suministro de agua; sin embargo, con 40% de pérdida de peso no se recupera y con 45% muere el tejido (Luján, 1994). La deficiencia hídrica reduce el crecimiento del follaje y puede llegar a disminuir el porcentaje de materia seca de los tubérculos, debido al cierre estomático y la consiguiente disminución de la tasa fotosintética al restringirse el paso de CO₂. Un suelo con un déficit de agua en la etapa de formación y llenado del tubérculo afecta drásticamente el rendimiento; así mismo, los tubérculos provenientes de un suelo saturado de agua tienen un bajo contenido de materia seca (Li, 1985, citado por Monroy *et al.*, 2001).
- **Estructura de la hoja.** La papa tiene estomas por ambos lados de la superficie de la hoja: haz (adaxial) y envés (abaxial). La conductancia estomática generalmente es baja en la parte abaxial. Algunas variedades de papa, tienen tasas fotosintéticas bajas pero son compensadas por una gran superficie asimilatoria y una duración larga del área foliar. La fotosíntesis declina a medida que avanza la maduración (senescencia) de la hoja, la demanda de CO₂ disminuye, se incrementa la resistencia estomática y aumenta el peso específico (Li, 1985, citado por Monroy *et al.*, 2001).
- **Crecimiento del tubérculo.** Existe evidencia que la fotosíntesis neta (Tasa de Asimilación Neta), está controlada por la demanda y el tamaño del vertedero, en este caso, el tubérculo. Sin embargo, al momento de la iniciación del tubérculo, la tasa de fotosíntesis disminuye, pero hay un período máximo de fotosíntesis en la etapa de floración, que presenta una relación lineal con el llenado de los tubérculos; las tasas declinan después de la etapa de floración. Las variedades de ciclo corto (110 - 120 días) se caracterizan por presentar un crecimiento moderado del follaje, el crecimiento del tubérculo comienza más temprano y la maduración es más rápida; dentro de este grupo se caracteriza *S. tuberosum* Grupo Phureja y el Grupo Chilotanum. Las variedades de ciclo largo (cinco a ocho meses) tienen un período de crecimiento relativamente largo; estos materiales desarrollan mucho más su follaje y el crecimiento del tubérculo comienza más tarde. (Li, 1985, citado por Monroy *et al.*, 2001).

Olarte (2000), validó el modelo de simulación "substor - potato", a partir de cinco fases de crecimiento: Presiembra, siembra a germinación, germinación a emergencia, emergencia a iniciación de tubérculo e iniciación del tubérculo a madurez. Todas las etapas de crecimiento son afectadas por la temperatura, factor influyente sobre el crecimiento de la biomasa o el crecimiento de los tubérculos o de las raíces; la emergencia es una función de la profundidad de siembra; la iniciación de tubérculo es función de la duración del día y de la temperatura, modulado por la cantidad de Nitrógeno en la planta y el déficit de agua en el suelo. Este modelo asume que la iniciación del tubérculo para cultivares tempranos es menos sensible a altas temperaturas y/o

días largos para la iniciación del tubérculo en cultivares tardíos. Permite calcular el coeficiente genético de máxima tasa de crecimiento foliar y mayor tasa de crecimiento de tubérculo, relacionando la respuesta de inicio de tuberización con el fotoperiodo. Para el cultivar Yema de Huevo no hubo buen ajuste de los datos, teniendo en cuenta que el modelo fue desarrollado para cultivares del Grupo Chilotanum, bajo condiciones climáticas de zona templada.

2.1 Factores ecofisiológicos

Las diferencias en rendimiento en varias regiones no son explicadas completamente por diferencias en la fotosíntesis, respiración y longitud del periodo de crecimiento; es necesario considerar los patrones de crecimiento, que es la distribución de materia seca en la planta. Los patrones de crecimiento (follaje, estolones y tubérculos) son influenciados por temperatura, longitud del día, intensidad lumínica, edad fisiológica de la semilla, densidad de plantas, aporte nutricional y la humedad (Monroy *et al.*, 2001).

En el Centro Experimental Tibaitatá Grandett y Lora (1979), evaluaron la acumulación de materia seca (parte aérea, raíces y tubérculos) y nutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio) en tres variedades de papa incluida papa criolla. Encontraron que la acumulación de materia seca en papa criolla fue inferior a las variedades ICA Puracé y Guantiva; la acumulación de nutrientes fue similar para los tres cultivares de papa, las concentraciones de los elementos Nitrógeno, Fósforo y Potasio disminuyeron con el aumento de la parte aérea y raíces. La mayor extracción de correspondió a Potasio, seguido de Nitrógeno, Calcio, Magnesio y Fósforo.

Bello y Pinzón (1997), evaluaron el efecto del tamaño del tubérculo-semilla sobre el rendimiento del genotipo Yema de Huevo - Clon Uno. Este análisis se llevó a cabo en CAM de la UNC, empleando semilla de tres tamaños (menor a 2.0 cm, entre 2.0 – 4.0 cm y mayor a 4.0 cm) y dos distancias entre plantas; evaluaron variables de crecimiento y desarrollo (Área Foliar - AF y Materia Seca - MS) y variables de rendimiento (densidad de tallos, número y peso de tubérculos según clase y tasa de multiplicación). La fenología observada al 50% de ocurrencia se presentó en días después de siembra (dds), concluyendo que las plantas provenientes de tubérculo-semilla menores a 2.0 cm presentaron una ocurrencia de fenómenos fenológicos de una semana más tarde, con un menor desarrollo vegetativo, representado en un menor número de hojas y tallos. El comportamiento del área foliar permitió verificar que a los 107 dds, alcanzó su mayor nivel, a partir de ese valor máximo, la curva de área foliar observó un descenso en la formación de nuevas hojas y tallos, los fotoasimilados se trasladaron principalmente hacia los tubérculos, identificando la época de mayor llenado de tubérculos.

En el CAM de la UNC Mora (2000), realizó un análisis entre dos variedades de papa del Grupo Chilotanum provenientes de Holanda, dos variedades locales del Grupo Andigenum y el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. La evaluación correspondió a la observación y registro de los datos fenológicos, relacionados con materia seca. La

identificación de la fenología para esa localidad, se midió en días después de siembra (dds), tomando como base la escala descriptiva de los estados fenológicos adaptada de la escala BBCH, para *S. tuberosum*, según Tabla No. 9.

Tabla No. 9. Descripción de los estados fenológicos adaptada de la escala BBCH

ESTADO FENOLOGICO	DESCRIPCION	DIAS DESPUES DE SIEMBRA
Brotación –Emergencia: código 000	Emergencia: los tallos traspasan la superficie, código 009	15
Desarrollo de hojas: código 100	9ª hoja del tallo principal desplegada, código 109	45
Desarrollo de ramas: código 300	Cobertura del cultivo finalizada: casi 90% de las plantas se tocan entre hileras, código 309	45
Desarrollo de tubérculos: código 400	Comienzo de la formación del tubérculo, código 400	62
	Máximo de la masa total del tubérculo, piel no madura, código 408	120
Aparición del órgano floral: código 500	Botones florales de la inflorescencia se extienden hasta 5 mm, código 505	47
Floración: código 600	Plena floración, 50% de las flores abiertas, código 605	75

Fuente: Mora, 2000

La evaluación de materia seca permitió identificar que a los 115 dds, el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno alcanzó su mayor acumulación; a partir del día 92 dds, los tubérculos adquirieron su mayor masa, ganando peso a razón de 0.6 g/día.

En la Tabla No.10, se resume la comparación de las fenologías presentadas por Bello y Pinzón (1997) y Mora (2000) para el cultivar Yema de Huevo - Clon 1.

En un trabajo posterior Sánchez (2005), empleando los datos desarrollados por Bello y Pinzón (1997) y Mora (2000), además citando a Valbuena (2000) y Meier (2001), elaboró una escala fenológica descriptiva para la variedad Criolla Latina, referenciando el desarrollo de los tubérculos, según Tabla No. 11.

Cabezas (2002), evaluó la interceptación de la radiación solar en papa criolla (Grupo Phureja cultivar Yema de Huevo - Clon Uno), en tres localidades, Firavitoba (Boyacá) a 2720 msnm, Carmen de Carupa (Cundinamarca) a 2960 msnm y Sabana de Bogotá (Distrito Capital) a 2560 msnm. Planteó diferentes tratamientos en los cuales varió la densidad de siembra, distancia entre plantas (0.15, 0.30, 0.45 m) y distancia entre surcos (0.80 m), densidades correspondientes a 8.33, 4.17 y 2.67 plantas/m². Las variables medidas fueron Radiación Solar Fotosintéticamente Activa incidente total (RFA), RFA reflejada, RFA absorbida y RFA transmitida, Coeficiente de extinción K, Índice de Área Foliar (IAF) y determinación de rendimiento agronómico. Los resultados fueron:

Tabla No. 10. Comparación entre fenologías empleando dos metodologías diferentes, para *S. tuberosum* Grupo Phureja cultivar Yema de Huevo - Clon 1

50% EVENTO (Bello y Pinzón, 1997)		ESCALA DESCRIPTIVA ADAPTADA DE LA ESCALA BBCH PARA <i>S. tuberosum</i> (Mora, 2000)	
ETAPA DE DESARROLLO	DDS	ETAPA DE DESARROLLO	DDS
Emergencia	21	Emergencia: los tallos traspasan la superficie, código 009	15
Ramificación	44	Cobertura del cultivo finalizada: casi 90% de las plantas se tocan entre hileras, código 309	45
Formación de estolones	0-51 0-58	NR	-
Inicio de floración	51/58	Botones florales de la inflorescencia se extienden hasta 5 mm, código 505	47
Formación y llenado de tubérculos	79	Comienzo de la formación del tubérculo, código 400	62
Formación de frutos	93	NR	-
Madurez fisiológica	120/127	Máximo de la masa total del tubérculo, piel no madura, código 408	120

NR= No Reportó; DDS= Dias después de siembra

Fuente: Bello y Pinzón, 1997; Mora, 2000.

- El IAF de un cultivo, es la característica morfofisiológica de mayor relevancia en la captación, distribución y aprovechamiento de la radiación solar incidente. Proporciona parámetros para realizar la estimación del rendimiento, permitiendo definir las metodologías para calcular las relaciones fuente-demanda de asimilados. El IAF del estrato superior y del estrato inferior del material evaluado presentó una distribución uniforme, es decir, que no se presentó un patrón definido en la cantidad de follaje dispuesto en la parte superior de la planta y la parte inferior. Este hecho en la relación fuente-vertedero es muy importante, debido a la relación fuente-demanda de asimilados, donde la proximidad de las fuentes efectivas a las demandas garantiza un adecuado llenado, los tubérculos probablemente serán llenados por las hojas del estrato inferior, mientras las hojas del estrato superior llenarán los meristemos reproductivos. Un follaje demasiado denso solo permitirá que el estrato superior se beneficie de la luz total incidente, mientras las partes internas del cultivo serán seriamente privadas de luminosidad. Los valores IAF encontrados, oscilan entre 3.3 y 4.0, datos en concordancia según lo reportado para otros autores para tetraploides.
- La RFA captada determina la cantidad de materia seca producida y calidad de la producción. Al analizar los valores de RFA incidente, no se encontraron diferencias estadísticas entre los estados fenológicos, pero si se observó que la localidad con menor valor de RFA incidente (Firavitoba), presentó mayores valores de interceptación, posiblemente debido a un desarrollo mayor de IAF

Tabla No. 11. Etapas de desarrollo del cultivo de *S. tuberosum* Grupo Phureja variedad Criolla Latina

ETAPA FENOLOGICA	DDS	ESTADOS SEGÚN ESCALA BBCH	DESCRIPCION DE LA ETAPA	DESCRIPCION DEL DESARROLLO DEL TUBERCULO
CRECIMIENTO VEGETATIVO	1 – 35	Germinación – brotación, desarrollo de hojas, formación de brotes laterales y crecimiento longitudinal de brotes	Desde la siembra del tubérculo-semilla hasta el inicio de la floración, que coincide con el inicio de la tuberización.	Se inicia con la siembra del tubérculo – semilla. Inicia la emergencia y el desarrollo de los puntos de los estolones, hasta el inicio del desarrollo del tubérculo.
FLORACION	36 – 65	Aparición del órgano floral y floración	Desde la aparición de los primeros botones florales hasta cuando la planta inicia el incremento acelerado en la producción del área foliar (cierre de calles)	Formación de tubérculos a partir de la punta del estolón; la iniciación del tubérculo es controlada por reguladores hormonales de crecimiento
FRUCTIFICACION	66 – 90	Formación de fruto y maduración de fruto	Se inicia con el incremento acelerado del número de hojas en la planta hasta cuando se termina la emisión de nuevas hojas y empieza la senescencia de la planta	Engrosamiento y diferenciación de los tubérculos, n un incremento acelerado de su tamaño y peso
MADUREZ Y SENESCENCIA	91 – 120		No hay emisión de hojas, la fotosíntesis decrece gradualmente y el follaje eventualmente muere	La tasa de crecimiento del tubérculo es lenta, el contenido de materia seca en los tubérculos alcanza el máximo valor, la piel del tubérculo se endurece aumentando su espesor.

DDS= días después de siembra

Fuente: Sánchez *et al.*, 2005

o al componente difuso elevado de la RFA. En Bogotá se presentó el mayor valor promedio de RFA incidente pero, así mismo, la absorción de ella por el follaje en cada densidad fue mayor al encontrado en otras localidades, dejando de manifiesto que, en dicha localidad, hubo alta eficiencia de las plantas al ordenar su follaje para captar mayor radiación. Para efectos ecofisiológicos, la distribución de la radiación solar entre estratos presenta la mayor importancia, pues determina el uso potencial de esta energía en el proceso fotosintético, haciendo eficiente el trabajo de las hojas superiores, medias e inferiores; la localidad con menor RFA incidente presentó mayores valores de interceptación, posiblemente por un desarrollo mayor de IAF o debido a que el grueso de RFA tiene un mayor componente difuso, el cual presenta mayores cantidades de interceptación. La variable que mas afectó el coeficiente de extinción K fue el IAF, mas no la radiación incidente. Esto demuestra que la planta de papa absorbe buena proporción de radiación, aún cuando esta tenga bajos valores absolutos, lo cual permite suponer que aprovecha

eficientemente el componente difuso de RFA. El coeficiente de extinción K se vio afectado principalmente por el desarrollo foliar (valores entre 0.39 y 0.61), el cual define la relación funcional entre la radiación interceptada y el IAF del cultivo, demostrando que en alturas superiores a 2800 msnm, la planta se satura por efectos lumínicos, induciendo a condiciones de estrés que interfieren el desarrollo foliar y la distribución de fotoasimilados, afectando negativamente el rendimiento agronómico.

- En la evaluación de la distribución de la materia seca, encontró que tallos y tubérculos incrementaron el peso en relación a la disminución de la densidad de plantas por unidad de superficie cultivada en forma lineal decreciente. El peso seco de las hojas aumentó en la medida que se incrementó el distanciamiento pero a partir de la densidad de 4.17 plantas/m² no hubo respuesta (distancia intermedia 0.3 m entre plantas y 0.8 entre surcos); este resultado permitió determinar que esta densidad puede ser el punto de equilibrio para el desarrollo foliar, donde la planta traduce todo su potencial fisiológico en un adecuado balance de carga para llenado de estructuras agrícolamente aprovechables, de peso adecuado y alta homogeneidad entre tubérculos.
- En el análisis de los componentes de rendimiento, el número de tubérculos por planta presentó diferencia estadística entre densidades; hubo incremento en esta variable con el descenso en el distanciamiento entre plantas, relacionado con la RFA y el CO₂ disponible, induciendo elongación de los entrenudos y cambios en el patrón de distribución de la materia seca en la planta, responsables de la diferenciación y tuberización. Mayor densidad entre plantas mostró menor número de tubérculos/planta, pero mayor valor en número de tubérculos/m² cultivado; esto significa mayor producción por unidad de área, implicando diferencias en el peso promedio.

2.2 Factores de rendimiento

Las variables de rendimiento (densidad de tallos, número y peso de tubérculos según clase y tasa de multiplicación), evaluadas por Bello *et al.* (1997), en el CAM de la UNC, empleando semilla de tres tamaños menor a 2.0 cm, entre 2.0 - 4.0 cm y mayor a 4.0 cm, dos distancias entre plantas, fueron empleados para la evaluación sobre el rendimiento del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. Este estudio concluyó que para las dos distancias evaluadas entre plantas no hubo diferencias estadísticas en número y peso de tubérculos totales, explicado por la corta longitud de estolones y la poca formación de raíces adventicias, lo cual implica una baja competencia intra sitio. Los resultados confirmaron que la densidad de tallos estaba directamente relacionada con el número de brotes/m², lo cual se tradujo en mayores rendimientos. El mejor tamaño de tubérculo - semilla a utilizar, según el análisis estadístico, fue entre 2.0 a 4.0 cm de diámetro.

Alvarado *et al.* (2001), en Sapuyes, Gualmatán y Pasto en el departamento de Nariño, evaluaron el efecto en el tamaño final del tubérculo a partir del tamaño de tubérculo-

semilla del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno (mayor a 4.0 cm, entre 2.0 y 4.0 cm y menor a 2.0 cm), dos tipos de surco (sencillo y doble) y la distancia de siembra (0.15 y 0.20 cm). Encontraron que en Gualmatán se presentaron mayores porcentajes de papa tipo industrial (diámetro entre 2.5 y 3.5 cm) empleando surco doble, distancia entre plantas de 0.15 cm y tubérculo semilla mayor a 4.0 cm.

2.3 Factores hormonales

Los fitoreguladores se encuentran en diferentes concentraciones a lo largo del ciclo de la planta; en la tuberización, a partir del ensanchamiento de los estolones, los asimilados producidos por el follaje son utilizados para el crecimiento del estolón e iniciación de la tuberización, el ácido abscísico (ABA) se encuentra asociado con la tuberización en sus fases de iniciación y conservación. Ortiz y Flórez (2008), cuantificaron las concentraciones de ABA y citoquininas durante el proceso de tuberización en cultivares de papa con diferentes niveles de precocidad, empleando las variedades Criolla Colombia, ICA Única y Tuquerreña.

Usando la técnica de cromatografía líquida de alta eficiencia, se determinó que en las variedades estudiadas, se relaciona la precocidad de la tuberización con la ausencia de ABA y los periodos de reposo, con su presencia; por otro lado las concentraciones de citoquininas fueron evidentes en las variedades con mayor precocidad. En Criolla Colombia, se encontraron concentraciones bajas de ABA y altas de citoquininas, mientras que en ICA Única y, especialmente en Tuquerreña, variedades con periodos de reposo mayor, las concentraciones de ABA fueron altas y las de citoquininas menores.

3. Semilla

El tubérculo-semilla es el principal insumo para establecer un cultivo de papa criolla que tiene la capacidad de generar otra planta de igual constitución genética. El tubérculo ideal para sembrar es aquel que presenta la forma característica de la especie, esto es tamaño mediano, ojos poco profundos, ausencia de pudriciones, gusanos, pulgones y cualquier defecto de piel que indique la presencia de una enfermedad. La Resolución ICA 2501 de 2003, estableció los requisitos específicos mínimos para la producción de semilla certificada de papa (*S. tuberosum* ssp. *andigena*, *S. tuberosum* spp. *tuberosum* y *S. phureja*) en Colombia.

Las categorías admitidas son las siguientes:

- Categoría Súper Élite, generación 1 y 2. Minitubérculos y/o esquejes obtenidos de plantas que se han originado por propagación *in vitro* (plantas madres) procedentes del material inicial. El material inicial para la obtención de la semilla Súper-Elite deberá provenir de cultivo de meristemo o plántulas *in vitro*, originados de material cuya identidad genética corresponde a la variedad que se va a multiplicar.

- Categoría Élite, generación 1 y 2. Tubérculos obtenidos en invernadero o casa de malla por la multiplicación de esquejes o minitubérculos Súper-Elite.
- Categoría Básica, generación 1 y 2. Es la que resulta de la multiplicación de semilla Elite.
- Categoría Registrada, generación 1 y 2. Descendencia de la semilla Básica.
- Categoría Certificada. Es la descendencia de la semilla Básica o Registrada.

Según su equivalencia expresada en diámetro transversal, los tamaños aceptados para *S. phureja* son:

- Muy grande: Diámetro mayor de 50 mm
- Grande : Diámetro entre 40 y 49 mm
- Mediano : Diámetro entre 30 y 39 mm
- Pequeño : Diámetro entre 20 y 29 mm

Los niveles máximos de plagas o enfermedades presentes en el cultivo para semilla en follaje o tubérculo, se muestran en la Tabla No. 12.

Zapata *et al.* (2006), hicieron recomendaciones generales para el manejo de semilla de papa criolla, para ser empleadas en cultivos con fines de procesamiento industrial: Compra anticipada de semilla, para facilitar su manejo y almacenamiento, resguardando la integridad de los tejidos, el contenido de humedad y el estado de brotación, el cual no debe sobrepasar un mes; antes de almacenar se debe seleccionar, clasificar y tratar con un insecticida preferiblemente biológico como el *Baculovirus* sp. ó químico en polvo para prevenir ataques de insectos; almacenamiento en condiciones de luz difusa preferiblemente en silos rústicos o en cajas plásticas con capacidad de 20 kg., para permitir brotación y verdeamiento uniforme. La semilla debe contar con mínimo tres brotes por tubérculo, de apariencia vigorosa y no mayor a tres centímetros de longitud. La disminución de peso de semilla durante el almacenamiento, se debe a procesos de respiración, evaporación y brotación. Las pérdidas ocasionadas por la respiración, se deben al gasto energético, cuya principal fuente de energía son los carbohidratos solubles e insolubles existentes en los tubérculos.

3.1 Limpieza del material

El ICA (1989), presentó los resultados de los procesos *in vitro* para la recuperación de la fitosanidad de los clones de la CCC de papa. Evidenciaron respuestas diferenciales en la inducción de microtubérculos, dentro de los materiales de la colección.

En 1996, Sánchez de Luque presentó un análisis de la importancia de garantizar la sanidad de la semilla de papa criolla, la cual se propaga por tejidos vegetativos, aumentando los riesgos de transportar en ella patógenos en su superficie o internamente, adquiridos en infecciones primarias a partir del inóculo presente en el suelo o

Tabla No. 12. Requisitos mínimos específicos para la producción de semilla certificada de papa, Resolución ICA 2501 de 2003

FACTORES ENFERMEDADES	ESTADO	CATEGORIA DE SEMILLAS				
		SUPER ELITE	ELITE	BÁSICA	REGIS- TRADA	CERTIFI- CADA
Virus: PLRV; PVY; PVX; PVS	F *	0	0	1	2	5
Amarillamiento de venas	F*	0	0	0	1	1
<i>Phytophthora infestans</i>	T	0	0	0	1	2
Rhizoctoniasis <i>Rhizoctonia solani</i>	T leve	0	0	2	5	10
	T moderado	0	0	1	3	5
Lama o arrebolado <i>Rosellinia</i> sp	T	0	0	0	0	0
Roña <i>Spongopora subterranea</i>	T	0	0	0	0	0
Sarna <i>Streptomyces scabies</i>	T	0	0	0	1	2
Pudrición seca <i>Fusarium</i> spp y <i>Poma</i> spp	T	0	0	0	1	2
Carbón <i>Angiosorus solani</i>	T	0	0	0	0	0
Pudriciones Blandas (<i>Erwinia caratovora</i> var. <i>caratovora</i> y <i>atroseptica</i>)	T	0	0	0	0	0,2
Dormidera <i>Ralstonia solanacearum</i>	F	0	0	0	0	0
	T	0	0	0	0	0
Madurez prematura <i>Verticillium</i> spp	F	0	0	0	1	2
INSECTOS						
Daños por gusanos Barrenadores <i>Naupactus</i> spp <i>Premnotrypes vorax</i> , chizas y babosas	T**	0	0	1	3	6
Polillas <i>Phthorimaea operculella</i> , <i>Tecia solanivora</i>	T	0	0	0	0	0
<i>Tecia solanivora</i> (larvas vivas)	T	0	0	0	0	0
Nematodos <i>Globodera</i> ssp. <i>Meloidogyne</i> spp	T	0	0	0	0	0
Áfidos	T	0	0	0	0	0
Mezcla varietal	T	0	0	0	0	1
Daño mecánico	T	0	0	2	2	2

F: FOLLAJE. Apreciación en campo con base en sintomatología en planta.

T: TUBÉRCULO: Apreciación en la cosecha, evaluado en porcentaje de tubérculos afectados.

(*) Pruebas de laboratorio.

(**) Evaluación de tubérculos en la cosecha y clasificación.

Fuente: ICA, 2003

en el ambiente circundante del follaje. La Tabla No. 13 muestra los patógenos transportados en el tubérculo - semilla.

Tabla No. 13. Principales patógenos transportados en el tubérculo-semilla

CONTACTO	VASCULARES	SISTEMICOS
<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Verticillium albo-atrum</i>	PLRV
<i>Spongospora subterranea</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	PVY
<i>Rosellinia</i> sp	<i>Rhizoctonia solani</i>	PVX
	<i>Rosellinia</i> sp	PVS
	<i>Erwinia carotovora</i> sp	PYVV
	<i>Streptomyces scabies</i>	PMTV
	<i>Ralstonia solanacearum</i>	

Fuente: Sánchez de Luque, 1996

Cartagena y Llano (1998), en Medellín establecieron un análisis preliminar en búsqueda de una metodología para la realización de termoterapia para la inactivación de virus en tubérculos de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, para ser empleados como semilla. Concluyeron que la disminución en la concentración como la reducción en la expresión de los síntomas, era consecuencia de la utilización de la técnica de termoterapia, directamente relacionadas con tiempo de exposición, periodo del tratamiento y temperatura empleada; se evidenció que existe una relación entre el aumento de temperatura, tiempo de exposición y periodo de tratamiento con la reducción en la concentración del virus, dependiendo de la capacidad que tenga el tejido de soportar tiempos largos de exposición a altas temperaturas. Las temperaturas que presentaron mejor comportamiento frente a la inhibición de la expresión del virus fueron superiores a 50°C, implicando tiempos cortos de exposición, durante varios días.

3.2 Sistemas de multiplicación

La obtención de material libre de virus provenientes de meristemos, para luego someterlos a micropropagación, permite la generación de un número suficiente de plantas para ser empleadas luego como plantas madres; esta metodología permite establecer índices de multiplicación en papa de progresión geométrica, en condiciones de laboratorio se puede producir millones de plantas, las cuales se adaptan *ex vitro* para producir minitubérculos (INIAP, 1993). No obstante, bajo las actuales demandas del mercado, es necesaria la reducción del tiempo que emplea este proceso, para lo cual se ha incentivado el desarrollo de técnicas de propagación vegetativa acelerada, las cuales aprovechan al máximo el área foliar y los minitubérculos.

Estas técnicas las describe Cotes y Ñustez (2001, citando a Bryan *et al.*, 1981) y Zapata *et al.* (2006):

- Esquejes de brote, en el cual se ha removido el ápice promoviendo la ramificación del tallo principal, cuando se han obtenido brotes ramificados, alargados y vigorosos, se desbrota el tubérculo y se segmentan los brotes, obteniendo una planta de cada uno.
- Esquejes de tallo juvenil, cada tallo se corta en tantas partes como nudos tenga, dejando intacta la hoja que va con el nudo, los esquejes enraizan y la yema axilar se desarrolla para convertirse en brote aéreo.
- Esqueje de tallo lateral, se escinde la yema apical estimulando el crecimiento de tallos laterales a partir de cada yema axilar, las cuales se cortan para generar esquejes.
- Esquejes de tallo adulto, los tallos son seccionados en esquejes constituidos por una pequeña porción de tallo, hoja y su yema adyacente; a partir de la yema se origina un minitubérculo cuando esta se siembra, al minitubérculo se le puede aplicar cualquier técnica de multiplicación acelerada.

Hernández (1996), resumió el proceso desarrollado en la Estación Experimental ICA - San Jorge a 2800 msnm, para la producción de semilla básica de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. La adaptación de plantas *in vitro* se realizó en materos de 0.5 kg en una mezcla de suelo orgánico, arena lavada y musgo descompuesto, relación 3:1:1; al desarrollarse las plantas, se llevó a cabo un proceso de multiplicación rápida por producción de esquejes de tipo lateral, con un rendimiento aproximado de 1:30. La producción de minitubérculos se llevó a cabo en casa de malla, la densidad que presentó mejor comportamiento fue 0.2 m X 0.2 m. Como tercer paso en la multiplicación de semilla básica en campo, se llevó a cabo un cultivo convencional con rendimiento de 25 ton/ha.

Cotes *et al.* (2001), establecieron una metodología para la producción de minitubérculos en casa de malla del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno a partir de minitubérculos en el Centro Experimental ICA San Jorge a 3200 msnm. Evaluaron la densidad y el tamaño del minitubérculo semilla óptima para desarrollar la producción en casa de malla, encontrando que la distancia entre 6 cm entre sitios de siembra optimizaba la producción de semilla y la distancia de 12 cm entre sitios de siembra optimizaba la tasa de multiplicación. El diámetro identificado del minitubérculo se encontró entre 0.5 y 2.0 cm.

Cotes y Ñustez (2001), evaluaron en el Centro Experimental ICA San Jorge bajo condiciones de casa de malla, dos tipos de esquejes (esquejes de tallo lateral y tallo juvenil) en la producción de semilla del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. Encontraron que la distancia de 6 cm entre sitios de trasplante optimizó la producción de semilla y la distancia de 9 cm optimizó la tasa de multiplicación; así mismo, los mejores explantes fueron los esquejes de tallo lateral.

4. Plagas y enfermedades

Los trabajos presentados en esta recopilación están enmarcados en el concepto de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), el cual se fundamenta en criterios tales como agroecosistema, control natural, biología y ecología de los organismos, muestreo y la utilización de niveles críticos de infestación o daño. Las estrategias empleadas en el MIPE, incluyen aumento e importación de enemigos naturales, utilización de agentes microbiológicos, uso de elementos fitogenéticos, implementación de prácticas culturales, de controles mecánicos y físicos, uso de técnicas autocidas y etológicas y, uso racional de plaguicidas (Herrera, 1997; Castillo, 1997).

Los genotipos *S. tuberosum* Grupo Phureja son una fuente valiosa por sus características de resistencia a la Marchitez Bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* y a ciertas enfermedades virósicas de la papa, tales como PVX, PVS, PMV y PVA; adicionalmente, se ha reportado como fuente de tolerancia al calor (Ochoa 2001).

Según Estrada (2000), diferentes accesiones del Grupo Phureja han aportado genes de resistencia a diversos agentes patogénicos, tales como: *Synchytrium endobioticum*, *Spongospora subterranea*, *Alternaria solani*, *Verticillium albo-atrum*, *Ralstonia solanacearum*, *Rhizoctonia solani*, *Erwinia carotovora*, PVX, PVY, *Epitrix cucumeris*, *Globodera* spp. y *Ditylenchus* spp.

4.1 Insectos Plaga

Las plagas insectiles causan daño en diferentes etapas del cultivo y atacan órganos como tubérculos, tallos, hojas y raíces. Estos daños hacen que las plantas mermen su producción o calidad causando grandes pérdidas al agricultor. La Tabla No.14 muestra las principales plagas que afectan el cultivo de la papa en Colombia.

4.1.1 Plagas de follaje

En el Centro de Investigación Tibaitatá, Ramírez de Sanabria (1977), evaluó la resistencia de 186 accesiones del Grupo Phureja de la CCC frente al ataque de *Myzus persicae*, áfido vector del PLRV. Seleccionó cinco accesiones que presentaron baja infestación del insecto. Para el efecto, utilizó el método de hoja cortada con infestación artificial y encontró diferentes grados de respuesta por antibiosis debido a la posible presencia de sustancias tóxicas que disminuyeron la tasa de fecundidad de los áfidos; sin embargo, en el estudio no se halló inmunidad. Las variedades más resistentes presentaron menor número de pelos por el envés de las hojas y las susceptibles mayor número, a excepción de las variedades CCC 4552, 277 y 4777. Los materiales CCC4722, 4492, 4554, 4379 y 277 fueron seleccionados por presentar características que permiten controlar la infestación por virus llevados en el estilete, mientras que CCC4561, 4560, 4522, 4787, 4667, 4623 y la 1000.1.3 fueron las accesiones de *S. phureja* en las cuales, aparentemente, los áfidos encontraron posibles factores que alteraron su crecimiento y reproducción.

Tabla No. 14. Principales plagas que afectan el cultivo de la papa en Colombia

SUELO/TUBERCULO	FOLLAJE	ALMACENAMIENTO
Gusano Blanco de la Papa <i>Premnotrypes vorax</i>	Pulguilla <i>Epitrix cucumeris</i>	Polilla pequeña o Palomilla <i>Phthorimaea operculella</i>
Tiroteador <i>Naupactus sp.</i>	Toston, mosco o entretelado <i>Lyriomyza quadrata</i> <i>Lyriomyza huidobrensis</i>	Polilla Guatemalteca de la Papa <i>Tecia solanivora</i>
Polilla Guatemalteca de la Papa <i>Tecia solanivora</i>	Muques o comedores de follaje <i>Copitarsia consueta</i> <i>Pedidroma sp.</i>	Áfidos <i>Rhopalosiphoninus latysiphon</i>
Polilla pequeña o Palomilla <i>Phthorimaea operculella</i>	Polilla pequeña o Palomilla <i>Phthorimaea operculella</i>	Polilla Gigante de la Papa <i>Symmetrischema plaesiosema</i>
Chisa, mojoyo o morrongo <i>Phyllophaga obsoleta</i>	Polilla Gigante de la papa <i>Symmetrischema plaesiosema</i>	
Babosa <i>Milax gagates</i>	Trips <i>Frankliniella tuberosi</i> <i>Thrips palmi</i>	
	Chupadores Mosca Blanca <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	
	Trozadores <i>Agrotis ipsilon</i> <i>Feltia sp.</i>	

*Tabla ajustada por el Departamento Técnico de FEDEPAPA para el presente trabajo

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - FEDEPAPA, 2004; Zapata et al., 2006

4.1.2 Plagas del tubérculo

Diferentes recomendaciones de Manejo Integrado del Gusano Blanco de la Papa (*Premnotrypes vorax*) indican la posibilidad de sembrar cultivos trampa anticipadamente o con variedades precoces como la papa criolla alrededor de los lotes comerciales de papa aprovechando la fuerte atracción que ejerce un cultivo de papa recién emergido sobre los adultos de la plaga. Entre marzo y agosto de 1989, en el Centro de Investigación Obonuco del ICA, en Pasto, Nariño se evaluó el efecto del cultivo trampa de papa criolla variedad Yema de Huevo para el control de *P. vorax* en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con diez tratamientos y tres repeticiones utilizando dos y tres surcos de papa criolla en dos y tres lados de las parcelas experimentales y dos épocas de aplicación de carbofuran (en emergencia y en emergencia y aporque); la siembra en las unidades experimentales con papa de la variedad ICA-Chitagá se hizo cuando el cultivo trampa presentó emergencia uniforme. Los resultados permitieron concluir que los cultivos trampa sembrados antes que el cultivo comercial fueron eficientes en el control de la plaga. Así, el mejor tratamiento fue el uso de tres surcos de cultivo trampa en dos lados del cultivo principal que tuvo aplicación del insecticida

con lo cual se obtuvo 100% de control de la plaga. En la evaluación económica, con o sin insecticida sobre el cultivo principal, los mejores tratamientos fueron tres surcos de papa criolla a los tres lados del cultivo principal.

En 1988, en el Centro de Investigación ICA Tibaitatá, se evaluó la fluctuación de la población de larvas de Gusano Blanco de la Papa (*Premnotrypes vorax*), bajo un experimento sembrado con tres cultivares de diferente período vegetativo (precoz Yema de Huevo, semiprecoz Diacol Monserrate y tardío Parda Pastusa), encontrando que hubo sobreposición de generaciones debido a los diferentes periodos vegetativos; las larvas aparecieron justo cuando se iniciaba el proceso de tuberización, el incremento siguió muy de cerca la curva de tuberización y aumentó conforme se incrementaba el peso fresco de los tubérculos de la planta (Valencia, 1989).

En el municipio de Ventaquemada (Boyacá) a una altitud de 2750 msnm, Angarita y Barajas (1996) evaluaron el control microbiológico de *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill, *Paecilomyces lilacinus* (Thom), *Baculovirus phthorimaeae* y *Bacillus thuringiensis* (Berl) var. Kurstaki, frente al insecticida comercial triflumuron, para el control de *Tecia solanivora*, en un cultivo de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno; las variables evaluadas fueron daño medido en porcentaje y control medido como la relación entre el número de tubérculos sanos y afectados por la plaga. Los resultados obtenidos permitieron concluir que empleando *B. thuringiensis* y *B. bassiana* se presentó menor porcentaje de daño y mejor control sobre la plaga, en niveles similares al insecticida químico triflumuron.

Mondragón y Sánchez (1997), evaluaron la acción de *Beauveria brongniartii* (Sacc.) para el control del Gusano Blanco de la Papa, en papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, en una concentración de 3.95×10^7 conidias/ml, empleando tres sustratos (gallinaza, bovinaza y humus de lombriz) frente a dos testigos (químico: carbofuran y control: sin sustrato). El experimento se desarrolló en el municipio de Motavita, Boyacá a 2960 msnm, evaluando el daño en tubérculo. Los resultados permitieron observar que *B. brongniartii* con sustrato gallinaza presentó diferencia estadística en relación con los demás tratamientos, controlando el ataque de *P. vorax* en un 84.7%, con una producción total de papa comercial de 31.8 toneladas/ha.

Castillo (1997), evaluó la actividad insecticida de cuatro concentraciones de los extractos etanólicos (0, 100, 1000, 10000 ppm) de ocho plantas presentes en agroecosistemas andinos y en cultivos de *S. tuberosum* Grupo Phureja, (*Berberis cusianensis*, *Berberis horrida*, *Berberis samacana*, *Berberis saboyana*, *Berberis tabiensis*, *Eucalyptus globulus*, *Salpicroa diffusa* y *Nycandria physaloides*) con el fin de controlar *T. solanivora* en condiciones controladas del laboratorio de Control Biológico de la Facultad de Agronomía de la UNC, sede Bogotá. Evaluó las variables días a empupamiento, porcentaje de empupamiento, emergencia de adultos y nivel de daño en los tubérculos. Los resultados mostraron diferencias estadísticas entre los extractos; se encontró que la actividad se registra a partir de 1000 ppm; presentando mejores resultados *E. globulus*, *B. samacana* y *N. physaloides*, actuando como fago-repelentes, pues se observó una reducción en la tasa de empu-

pamiento, sin presentar cambios en el aspecto morfológico o en el crecimiento de los insectos.

Cañón (1999), evaluó la incidencia y severidad del daño causado por *T. solanivora* en dos sistemas de cultivo (monocultivo y asocio) y el rendimiento de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno y arveja (*Pisum sativum*). El área experimental se estableció en el Municipio de Sutatausa (Cundinamarca), vereda Ojo de Agua, a 2600 msnm. Se evaluaron cinco tratamientos: dos en monocultivo y tres en asocio de las relaciones papa criolla – arveja en las proporciones 1:1, 2:1, 3:1. Los resultados obtenidos permitieron determinar que los cultivos en asocio no presentaron diferencias en la incidencia y severidad del ataque de la plaga respecto a los monocultivos; de igual manera, no se presentó una alteración en el estímulo atrayente de la papa criolla sobre las hembras de la plaga. En el caso, uso equivalente de la tierra para los tratamientos de los cultivos asociados, se destacó la relación 2:1 por presentar mayor eficiencia en la producción; todos presentaron valor superior a los monocultivos,

Español (2002), trabajó en el desarrollo de técnicas para la captura, muestreo y seguimiento de la Polilla Guatemalteca de la papa y Gusano Blanco de la Papa, en el Centro de Investigación Tibaitatá, en un área experimental de 1000 m², sembrado con papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. La evaluación de diferentes métodos de muestreo permitieron determinar para el caso de *T. solanivora*, que las trampas en las cuales utilizaron hembras como atrayente (presencia de feromonas) y sustancias pegajosas en trampas de color blanco lechoso, reportaron las mayores capturas de adultos en campo; la época crítica de mayor actividad fue el periodo de tuberización y la madurez fisiológica del cultivo. En el caso de *P. vorax*, la evaluación permitió determinar que los métodos de muestreo que emplearon algún tipo de atrayente (macho y hembra juntos, trampas de caída tipo malla cebadas con algún atrayente vegetal) reportaron las más altas capturas de adultos durante todo el ciclo del cultivo. Cuando el atrayente vegetal era papa, reportaron el mayor nivel de caída, evidenciando la presencia de algún tipo de kairomona, la cual es detectada por adultos induciendo la búsqueda de la fuente de misión. Se determinaron etapas críticas de mayor actividad del insecto: en la emergencia, antes del aporque y en la floración del cultivo.

Sánchez *et al.* (2005), bajo condiciones semicontroladas de casa de malla en el Centro de Investigación Tibaitatá, determinaron el ciclo de vida de *T. solanivora* y su relación con la etapa crítica en el desarrollo fenológico de la papa criolla. Las variables evaluadas en la cosecha fueron peso y número de tubérculos por clase, incidencia y severidad de daño en los tubérculos afectados. Este trabajo empleó el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. Los cinco tratamientos, según la fenología de la planta se muestran en la Tabla No. 15.

La época de madurez y senescencia del desarrollo fenológico de la papa comprendida entre el inicio de la senescencia del cultivo y la cosecha, fue altamente crítica frente al ataque de *T. solanivora*, ocasionando una pérdida mayor en peso de tubérculos aptos para la comercialización. Las poblaciones de adultos desde el inicio de la tuberización

Tabla No. 15. Tratamientos realizados empleando las etapas fenológicas de la papa criolla

TRATAMIENTO	FENOLOGIA	LIBERACION DE LA PLAGA
1	Crecimiento vegetativo (1 – 35 dds)	A partir de 14 dds por cuatro veces cada siete días
2	Floración (36 – 65 dds)	A partir de 41 dds por cuatro veces cada siete días
3	Fructificación (66 – 90 dds)	A partir de 69 dds por cuatro veces cada siete días
4	Madurez y senescencia (91 – 120 dds)	A partir de 92 dds por cuatro veces cada siete días
5		Libre de la plaga

Fuente: Sánchez *et al.*, 2005

presentaron incidencia significativa en el daño a los tubérculos y en dependencia con los niveles de la población. Adicionalmente, determinaron que la severidad del daño no se relacionó con la etapa fenológica en la cual se presentó el ataque de la plaga.

En 2006, Garza evaluó, el ciclo de vida del Tiroteador de la Papa, *Naupactus sp.* bajo condiciones de laboratorio y su relación de desarrollo con tres genotipos de papa, incluida papa criolla. Observó y describió el daño producido por las larvas a los tubérculos y la zona radicular; la duración del ciclo de vida del insecto y sus etapas respectivas. Encontró que la larva ocasiona dos tipos de daño: uno en forma de orificios, los cuales varían de profundidad de acuerdo a la longitud de la larva y el segundo daño en forma de roeduras superficiales; la plaga no presentó preferencia por ningún tipo de papa y la severidad del daño estuvo directamente relacionada con la cantidad de larvas que afectaron la planta.

4.2 Enfermedades

Las principales enfermedades que afectan el cultivo de la papa se muestran en la Tabla No. 16.

Collazos y Martínez (s.f.), evaluaron la reacción natural a *Puccinia pittieriana* de los cultivares Yema de Huevo y Tornilla, junto con diez variedades y cultivares de papa, en el corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto (Nariño). Encontraron que los cultivares Yema de Huevo y Tornilla, eran mucho más tolerantes al ataque de Roya, encontrando diferencias estadísticas en la variable rendimiento.

Carreño *et al.* (2007), realizaron una recopilación de elementos específicos de enfermedades que afectan el género *Solanum*; las enfermedades de *S. tuberosum* Grupo Phureja relacionadas fueron *Phytophthora infestans*, *Ralstonia solanacearum* y *Spongospora subterranea* Wallr Largerheim f. sp. *subterranea*.

Tabla No. 16. Principales enfermedades que afectan el cultivo de la papa en Colombia

HONGOS	BACTERIAS	VIRUS
Gota de la Papa <i>Phytophthora infestans</i>	Pata Negra <i>Erwinia carotovora</i> f. <i>sp. atroseptica</i>	Virus del Enrollamiento de las Hojas (PLRV)
Tizón Temprano <i>Alternaria solani</i>	Pudrición Blanda <i>Erwinia carotovora</i> f. <i>sp. carotovora</i>	Virus Y de la Papa (PVY)
Roya Común <i>Puccinia pittieriana</i>	Marchitez Bacteriana o Dormidera <i>Ralstonia solanacearum</i>	Virus X de la Papa (PVX)
Cenicilla o Mildeo Polvoso <i>Erysiphe cichoracearum</i>	Sarna Común <i>Streptomyces scabies</i>	Virus S de la Papa (PVS)
Rizoctoniasis <i>Rhizoctonia solani</i>		Virus del Amarillamiento de las Venas (PVV)
Mortaja Blanca o Palomillo <i>Rosellinia sp</i>		Mop Top (PMTV)
Rosa Polvosa <i>Spongopora subterranea</i>		
Marchitez Temprana <i>Verticillium albo-atrum</i>		
Podredumbre – Fusariosis <i>Fusarium spp</i>		

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - FEDEPAPA, 2004; Zapata *et al.*, 2006

Frente a *P. infestans* no ha sido posible establecer una metodología clara de aplicación de los resultados obtenidos para el control biológico, por tanto, las investigaciones se han mantenido a nivel experimental en laboratorio. Los reportes han demostrado que los tratamientos de control biológico son favorables en la inhibición del desarrollo del patógeno con extractos vegetales y cultivos líquidos de microorganismos (Paredes, 1997). En papa criolla fueron utilizados extractos vegetales de ajo (*Allium sativum*) y ajeno (*Artemisa absinthium*), los cuales aparentemente presentaron un efecto de reducción en la severidad de la enfermedad (Castaño *et al.*, s.f.). Por otro lado, se ha estudiado la inducción de resistencia sistémica utilizando elicitores fúngicos y aislamientos de *Pseudomonas* spp. fluorescentes, encontrando ciertos grados de resistencia sistémica a la enfermedad (Aguirre, 2003).

Manejando la teoría de la trofobiosis, Martínez y Serrano (2008), evaluaron la acción del caldo bordelés y el caldo sulfocálcico en el control de *P. infestans*, en el municipio de Cajicá; concluyeron que el empleo de las preparaciones mencionadas realizaron una acción protectora efectiva frente a la enfermedad, comparando parcelas sin ninguna aplicación con los tratamientos realizados.

Fajardo y Sierra (1995), evaluaron en el municipio de Tunja, vereda Pirgua (2820 msnm), los fungicidas pencycuron (dosis de 5 y 10 g/l de agua), tiabendazol (dosis de 1.80 y 2.39 ml/l de agua) y validamicin A (dosis de 0.30 y 0.45 ml/kg semilla), para el manejo de *Rhizoctonia solani* en papa criolla como alternativa de control químico. Realizaron aplicaciones a la semilla por inmersión durante cinco minutos y al cultivo iniciando a 45 dde cada 30 días. La aplicación de 500 y 1000 gr/l de pencycuron a la semilla, fueron los tratamientos de mejor rentabilidad. La aplicación de 0.45 cc de validamicin A/kg de semilla fue el tratamiento de mayor eficiencia en el control de la enfermedad con un 89.32%.

Ocampo (1996), evaluó el efecto de plaguicidas de origen químico y vegetal sobre la población de *Pseudomonas* spp. fluorescentes, habitantes de la filósfera de un cultivo de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. En el municipio de La Calera (Cundinamarca), vereda El Salitre, a 3100 msnm, se probaron seis extractos vegetales: tomillo, ajo, chipaca, cola de caballo, menta y manzanilla y un testigo de síntesis química comercial constituido por una mezcla de los fungicidas metalaxil y mancozeb. Los foliolos fueron tomados de la cuarta rama de abajo hacia arriba, en la etapa de floración; encontrando que el testigo comercial ocasionó el mayor efecto nocivo sobre la población total y saprófita de *Pseudomonas* spp., los extractos vegetales presentó indistintamente reducción en el número de bacterias totales y fluorescentes; estos resultados limitan la acción benéfica como biofungicidas o barrera biológica natural adjudicada a algunas cepas de este género que se encuentran en la filósfera, frente al ataque de *P. infestans*. Se resalta que el extracto de chipaca (*Bidens pilosa*) fue el tratamiento que produjo menos efecto nocivo sobre la población fluorescente del filoplano, evidenciado en la alta recuperación frente a los otros tratamientos.

Vásquez y Zambrano (2002), evaluaron seis fungicidas aplicados al suelo para el manejo de *Spongospora subterranea* en condiciones de laboratorio, empleando el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. Los ingredientes activos de los fungicidas evaluados fueron tiabendazol (1.0, 2.0 y 3.0 l/ha), tolclofos-metil (6.0, 12 y 18 kg/ha), benomyl (1.0, 2.0 y 3.0 kg/ha), carbendazim (1.0, 2.0 y 3.0 l/ha), clorotalonil (1.5, 3.0 y 4.5 l/ha), mancozeb (1.0, 2.0 y 3.0 kg/ha), aplicados en aspersión después de la siembra. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre fungicidas para el número de agallas, se encontraron diferencias entre fungicidas para número de quistosoros, siendo el mancozeb y el clorotalonil los mejores ingredientes activos en la reducción de tubérculos afectados.

Arciniegas (2003), logró evaluar y determinar una metodología de diagnóstico para identificar PYVV, a partir de la evaluación de la resistencia y susceptibilidad de 117 accesiones en la CCC del Grupo Phureja. Para el diagnóstico de PYVV se adaptaron técnicas serológicas (ELISA e IMI) y moleculares (dsARN y RT-PCR) utilizando plantas sintomáticas provenientes de campo y del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno infectado con PYVV por transmisión con Mosca Blanca. Determinó accesiones potencialmente resistentes al PYVV: Col 3, Col 118.7, Col 1.10, 59, 54, 60, 70, 97, 30, 4, 113, 98, 20, 122.29, 12, phuc 3, Col 87, 90, 101, phuc 8, Col 112, 26, 77, 6, 92, 14, mam b, Col 5, 65, 39, 55, 125.3, 37, 110 y ampp. En el marco de este proyecto, los

investigadores lograron determinar que el rendimiento de Yema de Huevo - Clon Uno infectado con PVYV disminuía en un 60%, aproximadamente (Guzmán *et al.*, 2003).

Saavedra *et al.* (2004), evaluaron un sistema para la detección de *S. subterranea* fs. *subterranea*, basado en PCR, empleando secuencias ITS y lograron estandarizar la metodología para determinar la presencia del patógeno, tanto en material vegetal como en suelo, en el Laboratorio de Diagnóstico Molecular del ICA – Tibaitatá, a partir de muestras de suelo y raíces de papa con agallas obtenidas en el departamento de Nariño, municipio Pasto, vereda Rio Bobo; muestras de tubérculos con pústulas epidérmicas obtenidas en el departamento de Cundinamarca, municipio de Zipaquirá, vereda Páramo de Guerrero, de la variedad Parida Pastusa y el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno.

5. Suelos y Fertilización

Las condiciones climáticas de la región andina son muy variadas debido a que los efectos orográficos, las vertientes, el relieve, entre otros aspectos, condicionando grandes cambios en espacios reducidos. Desde el punto de vista de sus relaciones pedológicas, varios aspectos son importantes; el primero, radica en el efecto significativo de los cambios climáticos ya que muchos suelos presentan poligénesis; el segundo, hace referencia a las grandes tendencias que se presentan: zonas de muy alta precipitación en las vertientes oriental y occidental de las cordilleras respectivas, enclaves secos y semiáridos al interior de los valles interandinos, amplia gama de precipitaciones, temperaturas y de evapotranspiración potencial asociadas con el relieve y con influencia en la vegetación.

La región incluye prácticamente todas las condiciones del área productiva para papa, se puede generalizar tres grandes zonas, conforme a lo registrado por Malagón, 2003:

- Las vertientes extremas de las Cordilleras Oriental y Occidental, con precipitaciones de 3.000 a 5.000 mm/año.
- El cuerpo de las cordilleras y valle interandinos: Entre 1.000 y 2.000 mm/año y regímenes de humedad con prevalencia údica; no obstante, se presentan algunos enclaves secos y regímenes ústicos.
- Las zonas húmedas de los páramos, las periglaciares con procesos de geliflucción, agujas de hielo, escasa vegetación y suelos incipientes.

5.1 Suelos

A continuación se resume la geología y geomorfología de la zona y se describen los suelos cultivados en papa.

5.1.1 Geología y Geomorfología

La región surgió como consecuencia de la colisión de la Placa de Nazca por debajo de la Placa de Suramérica, lo cual dio origen a la Trifurcación Orogénica Andina, representada por las tres cordilleras colombianas: la Central, la más antigua, conformada por núcleos de rocas polimetamórficas, instruidas por rocas ígneas, representadas por plutones, batolitos y grandes volúmenes de rocas volcánicas de diferentes edades y provenientes de los diferentes volcanes-nevados. La Cordillera Occidental se desprende desde el Nudo de Los Pastos en dirección Sur-Norte, pasa por la Hoz de Minamá en la cuenca del Patía y se prolonga hacia el norte hasta perderse en las planicies de la región Caribe. Esta cordillera está conformada por rocas ígneas plutónicas y volcánicas, parcialmente cubiertas por rocas sedimentarias clásticas calcáreas de grano fino y grueso que, a su vez, están cubiertas por espesos y extensos depósitos cuaternarios de origen volcánico, fluvio-volcánicos, fluvial y coluvial. La Cordillera Oriental se inicia en el Macizo Colombiano y se prolonga hacia el norte hasta la Serranía de Perijá, está comprendida entre el Valle del Magdalena por el Occidente y los Llanos Orientales por el Oriente. Su litología está conformada en los Macizos de Garzón, Quetame y Bucaramanga por núcleos de rocas ígneas y metamórficas, cubiertas por potentes secuencias sedimentarias plegadas y falladas del Paleozoico, Cretácico y Terciario, que a su vez están cubiertas por depósitos cuaternarios de origen glaciar, fluvio-glaciar, fluvio-coluvial y fluvial que rellenan valles intramontanos de origen lacustre.

Geomorfológicamente la región está constituida por paisajes de montaña, lomerío, piedemonte, altiplanicie y valle, que han evolucionado por la acción de distintos procesos en diferentes épocas y en variables condiciones climáticas extremas, desde secas a extremadamente húmedas y frías como en los páramos y zonas nivales (Mendivelso, 2003; Cortés, 1982).

5.1.2 Descripción de suelos

Las características asociadas con la dinámica de la materia orgánica y productos húmicos resultantes, están influidas fundamentalmente por las condiciones climáticas, los diferentes tipos de materiales que originan los suelos (Ballesteros *et al.*, 2001) y por el tiempo de evolución. Destacan fundamentalmente las relacionadas con los Andisoles (suelos derivados de cenizas volcánicas con horizontes A espesos y oscuros y con horizontes B con abundantes alófanos) y su proceso específico de formación (Andolización: complejo de adsorción dominado por Al-humus o por alófanos-humus), en ellos sobresalen, tomando como prototipo los presentes en la zona cafetera central del país, altos porcentajes de humificación (mayor a 50%), alto contenido de humina de insolubilización, predominio de ácidos húmicos tipo A, policondensadas y con tamaños moleculares altos; no obstante, se infieren diferencias pequeñas entre los ácidos fúlvicos y los húmicos. Además, en los horizontes A, el Aluminio es el principal catión de enlace, responsable de la insolubilización de los complejos órgano minerales o complejos sales (Malagón, 2003).

Los Andisoles colombianos en su mayoría, corresponden a suelos bajo regímenes údicos, crícos, isomésicos o isotérmicos. En ellos son comunes los horizontes enterrados, como consecuencia de la actividad volcánica (Cordillera Central); no obstante, frecuentemente se hacen evidentes procesos evolutivos vinculados con la fosilización de horizontes y secuencias policíclicas (Malagón, 2003).

Los Andisoles constituyen los suelos más representativos desde el punto de vista de la tipología, ya que integran el 16% (Hapludands, 11% y Melanudands, 5%). Los demás, Mollisoles y Alfisoles, sólo abarcan el 3% de la región. Los suelos de menor evolución (Inceptisoles y Entisoles) conforman el 67%, destacándose los Dystrudepts (55%), (IGAC, 2003). En estos suelos los procesos de pérdida por erosión y lixiviación, se compensan parcialmente por los de ganancia de materiales orgánicos por efecto del clima (la mayoría presenta contenidos medianos y altos de Carbono Orgánico 1.5 a 6% o mayores), ello conlleva la aparición de horizontes A (Úmbricos) sobre, generalmente, horizontes B (Cámbricos). En medios desaturados, predominan suelos extremada y fuertemente ácidos y bajos en Fósforo (Malagón, 2003).

5.2 Fertilización

La fertilización tiene como fin suplementar a la planta necesidades nutricionales no satisfechas por el suelo en su condición de fertilidad natural (Castro, 2005).

Las regiones paperas de Colombia (departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Antioquía, Cauca, Santander y Norte de Santander), ubicados en climas desde frío muy seco (12 a 18°C) a extremadamente frío pluvial (páramo: 3 a 6°C), clasificación según Holdridge, presenta el 68% del área con cobertura de ceniza volcánica en diferente grado de meteorización; el 32% restante, superficies sin influencia de ceniza, corresponden a procesos donde no se produjo deposición o causas erosivas (Castro, 2005).

La ceniza volcánica, material de origen de los Andisoles, afecta en diferente proporción la fertilidad de los suelos; en consecuencia, la composición orgánica y mineral se encuentra dominada en su fracción arcilla por alófana e imogolita, que provienen de la meteorización de los materiales piroclásticos, producto de recientes deposiciones volcánicas y el complejo humusaluminio; los cuales son inmovilizadores de Fósforo, disminuyendo su disponibilidad (hasta en un 90%) en la solución del suelo (Espinosa, 1991). El contenido de materia orgánica de estos Andisoles, presenta contenidos medios y altos de materia orgánica, pero con índices de mineralización bajos debido a temperaturas muy frías y a la inactivación de las bacterias nitrificantes por efecto de la alófana (Castro, 2005).

La Tabla No. 17 presenta la distribución porcentual de algunos parámetros químicos de muestras de suelos provenientes de diferentes zonas productoras de papa en el país, reportados por García (1998) para Nariño, Barrera (1998), Castro (1999) y Niño (2001) para Boyacá, Muñoz (1998) para Antioquia, citados por Castro (2005).

Tabla No. 17. Distribución porcentual de parámetros químicos en suelos paperos de las diferentes zonas productoras en Colombia

DEPARTAMENTO	pH			M.O. (%)			P (ppm)			K (meq100 g de suelo)		
	< 5.5	5.6 - 6.5	> 6.5	< 5.0	5.0 - 10	> 6.5	< 40	40 - 60	> 60	< 0.3	0.3 - 0.6	>0.6
CUNDINAMARCA	77	23	-	42	38	20	66	10	24	38	31	31
BOYACA	76	24	-	64	22	14	49	16	35	82	11	7
NARIÑO	54	46	-	68	32	-	75	17	8	20	37	43
ANTIOQUIA	68	30	2	2	46	52	87	10	3	68	25	7
CALIFICACION PONDERADA	6			5			6			5		

Fuente: García, 1998 para Nariño; Barrera, 1998, Castro, 1999 y Niño, 2001 para Boyacá; Muñoz, 1998 para Antioquia; citados por Castro, 2005

Esta valoración de carácter general, permite deducir que el 69% de los suelos paperos presentan pH inferior a 5.5, el 56% son suelos con contenidos superiores al 5% de materia orgánica, el 69% son potencialmente deficientes en Fósforo disponible para el cultivo y el 52% podría presentar potencialmente deficiencias en Potasio (Castro, 2005)

Los elementos nutritivos esenciales más importantes en el cultivo de la papa son Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio.; un 50% del total de la absorción de estos elementos por la planta ocurre durante el periodo comprendido entre la emergencia y el inicio de la floración. El comportamiento de papa criolla en aspectos nutricionales, se puede analizar bajo una tendencia general: responde a la fertilización y el nivel de extracción es función de la variedad y el rendimiento esperado. La oferta de nutrientes en forma oportuna tiene una marcada influencia en el índice del área foliar y en el número de tubérculos (Lora, 2005).

Los siguientes conceptos presentados por Villamil (2005), son necesarios para comprender aspectos relacionados con la fertilización del cultivo de la papa:

- Los macroelementos esenciales son Carbono, Oxígeno, Hidrógeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio; de igual manera, son esenciales los micro elementos Calcio, Magnesio, Azufre, Hierro, Manganeso, Boro, Zinc, Cobre, Molibdeno, Cloro, Níquel, en el crecimiento de las plantas. Arnon y Stout (1939) citado por Villamil (2005), resume el término elemento mineral esencial, como aquel cuyas características son indispensables para completar su ciclo de vida y no puede ser remplazada su función por otro elemento mineral. Están relacionados con el metabolismo como un constituyente o con procesos afines a él. Los macronutrientes son constituyentes de macromoléculas orgánicas y están involucrados en procesos de regulación y los micronutrientes se encuentran

relacionados con la composición de enzimas; su concentración en la planta es mucho menor.

- Los elementos benéficos pueden compensar el efecto tóxico de otros elementos o remplazar los elementos minerales en algunas de sus funciones menos específicas, dentro de estos se encuentran Silicio, Cobalto, Yodo, Vanadio.
- Las plantas tienen una capacidad limitada para la absorción selectiva de elementos para el crecimiento; al mismo tiempo pueden tomar elementos no necesarios para este proceso, algunos de los cuales pueden ser tóxicos.
- Las diferencias en función son reflejadas en la concentración promedio de nutrientes minerales en el brote de la planta, los cuales son suficientes para un adecuado crecimiento. La concentración de nutrientes de la planta depende de la especie y la variedad, edad de la planta y concentración de otros minerales.

5.2.1 Evaluación de NPK y elementos secundarios

Los trabajos iniciales para determinar la fertilización más eficiente en papa criolla buscaron determinar la cantidad de fertilizante necesario en las presentaciones comerciales que se encontraban disponibles.

El informe de actividades del convenio CORPOCEBADA – FEDEPAPA (1994), presentó los primeros resultados, comparando la acción de la fertilización NPK (13-26-6), en localidades de Cundinamarca: Mosquera, Bojacá, Subachoque y Carmen de Carupa y, Boyacá: Toca y Siachoque; evaluando tres diferentes densidades (25000, 33333 y 50000 plantas/ha) y tres dosis (500, 1000 y 1500 kg de fertilizante compuesto/ha). La localidad que presentó diferencias estadísticas en el rendimiento fue Subachoque, en la dosis 1000 kg de 13-26-6/ha, en la densidad de 33333 plantas/ha.

Orjuela y Vega (1995), evaluaron el efecto de la micorriza vesículo-arbuscular (*Glomus manihotis*, *Glomus ocutum*, *Entrophospora colombiana*) sobre la eficiencia de la fertilización fosfórica en el cultivar Yema de Huevo, en suelos del Municipio de Motavita (Boyacá) a 3000 msnm. El experimento evaluó la acción conjunta de las micorrizas, dos fuentes de P₂O₅ (Superfosfato Triple: 46% y abono Paz del Río: 10%), en tres dosis (80, 120 y 160 kg/ha). Los resultados permitieron concluir que a pesar de presentarse infección micorrízica en la raíz, no hubo diferencias estadísticas ni en el rendimiento total, ni en el tamaño específico de los tubérculos. Los mayores rendimientos se obtuvieron con la dosis de 160 kg de Superfosfato Triple /ha para un rendimiento de 9700 kg de papa/ha.

En 1996 se evaluó la respuesta de la papa criolla a la aplicación de Fósforo (P₂O₅) en dosis 0, 75, 150, 225, 300 kg P₂O₅/ha y materia orgánica (Gallinaza) en dosis 0, 2000 y 4000 kg/ha, en suelos derivados de cenizas volcánicas, en dos localidades:

Municipio de Subachoque (Cundinamarca) a 2720 msnm y Municipio de Saboyá (Boyacá) a 2580 msnm. Los resultados obtenidos permitieron concluir que los suelos analizados presentaron un comportamiento típico de los Andisoles, donde hay una respuesta lineal positiva a las aplicaciones de Fósforo, principalmente. El tratamiento de mayor rendimiento y económicamente rentable se encontró en la combinación de 2000 kg gallinaza/ha y 300 kg de P_2O_5 /ha, para las localidades estudiadas (Peña, 1997).

Durante la misma época y bajo las mismas condiciones Durán y Peña (1997), evaluaron la respuesta de la papa criolla a la aplicación de fuentes de Potasio (Cloruro de Potasio y Sulfato de Potasio) evaluando cinco niveles (0, 40, 80, 120 y 160 kg/ha). A partir de los resultados se concluyó que el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno respondió positivamente en rendimiento a la aplicación de Potasio. Mayores rendimientos se presentaron con 80 Kg/ha de K_2O a partir de KCl y 120 kg/ha de K_2O a partir de K_2SO_4 con una producción promedio de 21.1 y 22.5 ton/ha, respectivamente. La utilización de cualquier fuente potásica en la fertilización del cultivo de papa criolla, mejoró el tamaño de los tubérculos, presentándose un mayor porcentaje en tamaño extra y primera; el contenido de proteína se vio influenciado positivamente, pero no el contenido de azúcares reductores, para las localidades estudiadas.

Gómez y Pérez (1999), evaluaron el efecto residual de la fertilización con Fósforo, Potasio y gallinaza en papa criolla, en la localidad de Subachoque (Cundinamarca) a 2720 msnm, para lo cual, establecieron ensayos en las parcelas descritas por Durán y Peña (1997) y Peña (1997). Como resultado del ensayo, no se obtuvo diferencia estadística en la cosecha para el efecto residual de Fósforo, Potasio y gallinaza; se observó una reducción en los tamaños cero y primera, haciendo económicamente inviable esta propuesta.

Medina y Morales (2001), evaluaron la respuesta de la papa criolla a fuentes de Magnesio: Kieserita, Óxido de Magnesio chino en dosis 0, 30, 60, 90 kg/ha aplicación edáfica y Magnisal y Sulfato de Magnesio en dosis 0, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50% aplicación foliar, en Carmen de Carupa (Cundinamarca) localizada a 2950 msnm; las variables evaluadas fueron rendimiento y calidad de tubérculo. En rendimiento del cultivo, los tratamientos edáficos y foliares fueron estadísticamente iguales; en los tratamientos edáficos, tampoco se encontraron diferencias estadísticas para los factores fuentes y dosis.

Ñustez (2001), en entrevista publicada en el Boletín de la Papa, comentó sobre requerimientos de fertilizantes apropiados en papa criolla, argumentando que la concentración de 600 kg de fertilizante compuesto de grado 1:3:1/ha, era la necesaria. Cantidades mayores ocasionan un crecimiento vegetativo exuberante y reducción en la producción de tubérculos; esta recomendación confirma los resultados del trabajo realizado por FENALCE, FEDEPAPA, UNC e ICA en papa criolla, el cual indicó que no se debe fertilizar por encima de la mitad de la concentración recomendada para *S. tuberosum* Grupo Andigenum.

Tamayo *et al.* (s.f.a), evaluaron el efecto de la fertilización NPK en el rendimiento del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, en cuatro municipios productores de papa en el Departamento de Antioquia, Rionegro (2100 msnm) vereda Llano Grande, Centro de Investigación "La Selva" CORPOICA, Carmen de Viboral (2510 msnm), vereda Rivera, La Unión (2510 msnm), vereda Vallejuelos y vereda El Guayabo en Santa Rosa de Osos (2480 msnm). Evaluaron tres niveles de Nitrógeno (50, 100 y 150 kg/ha), tres niveles de Fósforo (100, 200 y 300 kg/ha) y una dosis constante de Potasio (150 kg/ha) y gallinaza (3 ton/ha); la distancia de siembra empleada fue 0.15 m entre plantas y 1.0 m entre surcos. Al realizar un análisis combinado por localidad se encontraron diferencias significativas entre localidades para las variables rendimiento total y tamaño óptimo (diámetro entre 2.5 y 3.5 cm). La mayor producción se obtuvo en el municipio de La Unión, 45.35 ton/ha, la máxima producción se encontró cuando se fertilizó con las máximas dosis de Nitrógeno (150 kg/ha) y Fósforo (300 kg/ha). Zapata *et al.* (2002) afirman de los anteriores resultados, que aunque se superaron ampliamente los rendimientos regionales y nacionales, no se logró obtener calidad para exportación debido al alto contenido de materia seca, que influye negativamente en los rendimientos industriales para envasar o enlatar.

Rodríguez (2002), evaluó el efecto de la aplicación de la mezcla física NPK grado 12-34-12 sobre rendimiento y calidad de papa criolla cultivar Yema de Huevo en el Municipio de Facatativá (Cundinamarca) a 2715 msnm. Encontró que hay respuesta en rendimiento frente a la fertilización con dosis bajas (450 y 900 kg/ha; adicionalmente, no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos para las variables de calidad de tubérculo.

En el Municipio de Facatativa (Cundinamarca) a 2715 msnm, en un suelo derivado de cenizas volcánicas, con 4 ppm de Fósforo disponible se determinó en dos ciclos la respuesta de la papa criolla cultivar Yema de Huevo a la aplicación de fuentes y dosis de Fósforo. Las fuentes fueron roca fosfórica parcialmente acidulada al 50% con ácido nítrico y con 25% de P₂O₅ total y 6% disponible; roca natural con 26% de P₂O₅ total y 2% disponible y roca desfluorinizada con 30% de P₂O₅ total y 8% disponible; Superfosfato Triple con 46% de P₂O₅ total y 85% disponible. Las dosis para cada fuente fueron 100, 200, 300, 400 kg de P₂O₅/ha y un testigo. Los resultados indicaron respuesta positiva a Fósforo al aplicar Superfosfato Triple, roca parcialmente acidulada y roca desfluorinizada; el empleo de roca fosfórica natural, al igual que el testigo, no representaron viabilidad técnica ni económica. El efecto residual fue muy bajo por lo cual se recomendó aplicar Fósforo con fuentes adecuadas para el segundo ciclo. No hubo efecto en las variables proteína, materia seca y ceniza en los dos ciclos (Lora *et al.*, 2004).

Rozo y Ñustez (2006), evaluaron en Zipaquirá (2590 msnm) y Cogua (2690 msnm) departamento de Cundinamarca, el efecto de la aplicación de diferentes niveles de Fósforo y Potasio sobre los componentes de rendimiento y gravedad específica en la variedad Criolla Colombia. Las dosis de P₂O₅ fueron 0, 50, 100 y 150 kg/ha y las dosis de K₂O fueron 0, 50, 100 y 150 kg/ha. Niveles crecientes de Fósforo no presentaron respuesta frente a la variable gravedad específica. Criolla Colombia, respondió a

la aplicación de Fósforo y el rendimiento no se incrementó con la aplicación de niveles superiores a 50 kg de P_2O_5 /ha. En el caso del Potasio, se encontró que esta variedad no respondió a la aplicación de niveles crecientes de este elemento.

Soto *et al.* (2006), evaluaron el efecto de la fertilización con diferentes dosis de Magnesio, Azufre, Boro, Cobre, Manganeseo y Zinc, sobre el potencial de rendimiento de tubérculo, gravedad específica y calidad de frito en la variedad Criolla Guaneña, dejando un nivel constante de NPK, en la vereda El Cacique en el Municipio de Funza (Cundinamarca). Los tratamientos correspondieron a seis niveles de adición de la fórmula especial MF-soil, constituida de Magnesio (MgO 20%), Azufre (10%), Boro (1.5%), Cobre (0.4%), Manganeseo (2%), Zinc (3.2%) y Fósforo asimilable (3% P_2O_5). Encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable gravedad específica, presentando el valor más alto cuando no se aplicó fertilizante; también, encontraron diferencias significativas en la calidad de frito en hojuela, la fertilización relacionada con esta variable fue 75 kg del producto MF-Soil. La variación en los niveles de fertilización con estos elementos a partir de la fuente utilizada no afectó el rendimiento.

Del Hierro y Paz (2007), evaluaron niveles de fertilización nitrogenada empleando como fuente Urea en cinco dosis (0, 24, 48, 72 y 96 kg N/ha) sobre el rendimiento y la calidad industrial en cuatro zonas del Departamento de Nariño, empleando el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. Las localidades fueron Municipio de Pasto vereda Gualmatán (2710 msnm), Corregimiento El Encano (2830 msnm), Municipio de Ipiales (2950 msnm) y Municipio Potosí (2650 msnm). La fertilización PK se llevó a cabo con fuentes simples, la fuente de Fósforo P_2O_5 fue Superfosfato Triple 150 kg/ha y la fuente de Potasio K_2O fue Cloruro de Potasio 37.5 kg/ha. Los resultados permitieron concluir que no se presentaron diferencias estadísticas entre las dosis de Nitrógeno y el rendimiento, pero sí existió una fuerte interacción entre localidad y rendimiento, siendo El Encano la localidad con mayor rendimiento (11.72 ton/ha). Con dosis superiores a 48 kg de Úrea/ha se observó mayor daño en el proceso de escaldado en el tamaño del tubérculo grande y pequeño.

Navas *et al.* (s.f.), desarrollaron un plan de nutrición para las variedades Criolla Colombia, Criolla Latina y Criolla Guaneña, en los municipios de Carmen de Viboral y La Unión, evaluando tres niveles de Nitrógeno (0, 25 y 50 kg/ha) y dos niveles de Potasio (50 y 100 kg/ha). En las dos localidades las variedades Criolla Latina y Criolla Guaneña superaron en producción total a la variedad Criolla Colombia, con una producción de tamaño medio (interés industrial) entre el 21% y el 31% del total de producción; el nivel de fertilización óptimo para las dos localidades fue 25 kg de N/ha, 100 kg de P_2O_5 /ha y 50 kg de K_2O /ha. Los resultados de calidad industrial de las variedades determinaron aptitud para congelación.

Zapata *et al.* (2006), relacionaron experiencias en fertilización con NPK, para el municipio de Sonsón, con las variedades Criolla Colombia, Criolla Latina y Criolla Paisa, para la producción de tubérculos con características agroindustriales, las cuales respondieron a la aplicación de 50 kg de N/ha, entre 50 y 100 kg de P_2O_5 /ha y 100 kg

de K₂O/ha, utilizando fuentes simples como Úrea, Superfosfato Triple y Cloruro de Potasio, aplicando todos los fertilizantes al momento de la siembra, los rendimientos obtenidos fueron 21.1, 24.6 y 22.9 ton/ha, respectivamente.

Becerra–Sanabria *et al.* (2007), evaluaron el efecto de la aplicación edáfica de cinco niveles de Fósforo (0, 50, 100, 150, 200 kg de P₂O₅/ha, fuente Superfosfato Triple) y dos niveles de Potasio (50 y 100 kg de K₂O/ha, fuente KCl), el cual se aplicó fraccionado en dos aplicaciones iguales: al momento de la siembra y a los 45 dds, el Nitrógeno se mantuvo fijo en dosis de 50 kg/ha (fuente Urea, 46% de N); el efecto evaluado sobre el rendimiento de tubérculos y gravedad específica de la variedad Criolla Guaneña, en dos localidades del Municipio de Pasto (Nariño): Obonuco (2820 msnm) y Jamondino (2630 msnm) no mostró diferencias estadísticas; esto debido a las características físico químicas de los suelos provenientes de cenizas volcánicas de esa región y a la ausencia de Aluminio; de igual forma, permitió deducir que la variedad Criolla Guaneña no requiere niveles altos de fertilización de Fósforo, ni de Potasio para las condiciones enunciadas.

5.2.2 Evaluaciones de microelementos

Castro y Valbuena (1992), en la vereda Agua Blanca, Municipio Tuta (Boyacá) a 2600 msnm, establecieron la segunda etapa del proceso de mejoramiento de la estructura de un suelo arcilloso, empleando cuatro dosis de Sulfato Ferroso (FeSO₄) 0, 230, 470, 940 kg/ha, en presentaciones líquido y sólido, como primer factor e Hidróxido de Calcio (Ca(OH)₂) como segundo factor en dosis de 0, 30, 50, 60 y 100 kg/ha, encontrando que para el segundo año (cultivo de criolla), la aplicación de Sulfato Ferroso sólido aumentó la capacidad de intercambio catiónico en todos los tratamientos frente al testigo, debido a que el Hierro forma una estructura coloidal aumentando esta función. A pesar de que no se evaluó directamente la relación con cada uno de los macro elementos, se evidenció un aumento en la disponibilidad de Fósforo, posiblemente debido al incremento de la actividad bacteriana como resultado de la mejor estructura del suelo.

De igual manera en el Municipio de Motavita (Boyacá) a 3000 msnm, Rojas y Sánchez (1996), evaluaron la respuesta de la papa criolla cultivar Yema de Huevo, a la fertilización edáfica con Boro (B) en dosis de 0.60, 0.70, 0.80 kg/ha, fuente Borosol (B₂O₃: 66.1%); Zinc en dosis de 10, 15 y 20 kg/ha, fuente Sulfato de Zinc agrícola (ZnSO₄.2H₂O: 90%) y Cobre en dosis de 10, 15 y 20 kg/ha, fuente Sulfato de Cobre agrícola (Cu:25%). Se empleó como fuente NPK, el grado comercial 13-26-6 en dosis de 500 kg/ha. Las variables evaluadas fueron rendimiento total y por categoría de tamaño de tubérculo, peso específico, azúcares y almidones en tubérculo. En rendimiento total se encontraron diferencias estadísticas en dosis de microelementos y se concluyó que se pueden incrementar los rendimientos si se fertiliza edáficamente con dosis bajas de Cobre, Boro y Zinc. Con respecto a las variables de calidad de tubérculo, presentaron diferencias estadísticas con respecto al testigo, permitiendo observar una mejor calidad en contenido de sólidos; es importante resaltar el valor obtenido con la dosis más baja de Cobre, la cual presentó el contenido en almidón más alto.

Ávila y Rodríguez (2000), evaluaron la respuesta de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon 1, a la aplicación de tres fuentes de Boro (Borato, Bórax, Solubor) y cinco dosis de Boro (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 kg/ha) en el Municipio Carmen de Carupa (Cundinamarca), ubicado a 2950 msnm. Se observó que con aplicaciones edáficas hasta de 2.0 kg de B/ha, se incrementaron los niveles de este elemento en los peciolo nuevos, en la iniciación de la floración sin presentar fitotoxicidad visible en el follaje. Bajo las condiciones de este ensayo, el máximo incremento en rendimiento se obtuvo con Borato, en dosis de 0.5 kg/ha aplicados al suelo en el momento de la siembra. Aplicaciones de Solubor hasta 1.5 kg/ha, incrementaron considerablemente la concentración de materia seca, con valores cercanos a 21.32%.

Lora *et al.* (2008), evaluaron el efecto de dosis variable de Hierro (5, 10 y 15 kg/ha), Cobre (8, 16, 24 kg/ha), Manganeseo (8, 16, 24 kg/ha), Zinc (5, 10, 15 kg/ha), Boro (0.8, 1.6, 2.4 kg/ha) y Molibdato de Sodio (1, 2, 3 kg/ha) en el contenido de azúcares reductores y totales de tubérculos de tamaño primera y su efecto en la calidad de frito como índice de la calidad industrial, en el municipio El Rosal (Cundinamarca). La fertilización NPK se realizó con 700 kg de 13-26-6/ha. Encontraron que el contenido de azúcares totales en los tubérculos primera fue inferior a 0.60% en base seca, límite aceptable en fritado; los niveles 5 a 10 kg Fe/ha, 16 a 24 kg Cu/ha, 5 kg Zn/ha y 0.8 kg B/ha permitieron obtener niveles de azúcares reductores inferiores a 0.25%.

5.2.3 Evaluaciones de bioestimulantes, condicionadores y otros

Entre abril y agosto de 1993, en el Municipio de Pasto (Nariño), se evaluó el efecto de la aplicación de bioestimulantes Cytozyme y Humiforte sobre el crecimiento y producción de tubérculos de papa criolla. Ortiz *et al.* (1995), establecieron el experimento en la Granja Botana a 2820 msnm. Los bioestimulantes se aplicaron a la semilla en el momento de la siembra (Cytozyme 1.25 cc/kg de semilla), al follaje en el momento del aporque (Cytozyme y Humiforte 1l/ha) generando siete tratamientos más el control. La fertilización edáfica se llevó con NPK compuesto 10-30-10, dosis 1350 kg/ha; las variables evaluadas fueron IAF, TAN, TCC, TCR y rendimiento medido en kg/ha. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la aplicación de bioestimulantes, tanto al follaje como a la semilla, influyó sobre los parámetros fisiológicos asociados con mayores valores de IAF, TAN, TCC y TCR y sobre el rendimiento. El mejor tratamiento fue Cytozyme en semilla, Cytozyme foliar + Humiforte foliar, en donde el 64% del peso total de la planta correspondió al peso seco de tubérculos, con rendimiento de 24.1 ton/ha.

Neira *et al.* (1996), evaluaron el efecto de la aplicación de tres fuentes de materia orgánica (Gallinaza, Bovinaza y Humus de lombriz) como complemento a la fertilización con 13-26-6 (150, 250 y 350 kg/ha) en papa criolla cultivar Yema de Huevo en el municipio de Toca (Boyacá) a 2700 msnm. Los resultados de rendimiento y costos del cultivo permitieron concluir que la mejor relación se encontró en 2.2 ton de gallinaza/ha y 150 kg de 13-26-6/ha.

Andrade (1998), evaluó el efecto de dos acondicionadores orgánicos (gallinaza, tres dosis: 1000, 2000, 3000 kg/ha, Jocker Humus en dos dosis: 10 y 15 lt/ha) con fertilización química empleando el compuesto NPK 10-30-10, en cuatro dosis: 0, 400, 600, 800 kg/ha, sobre las propiedades físico-químicas en la serie Marengo (Andic Acuic Humitropept) en el cultivo de papa criolla. Se evaluaron propiedades físicas (humedad volumétrica y estabilidad estructural); propiedades químicas (P, K, Ca, Mg, Na); y rendimiento, en CAM de la UNC. Los resultados permitieron concluir que los acondicionadores utilizados tuvieron efectos positivos en la formación y mantenimiento de los agregados, se observó un leve mejoramiento de las propiedades físicas, lo que significa un aumento en la retención de humedad, una mayor aireación y mejor estabilidad estructural. Adicionalmente, no se encontraron diferencias estadísticas en las variables de rendimiento pero la producción de papa criolla obtenida en la primera cosecha demostró que este cultivar presenta una alta tolerancia a la presencia de Sodio en el suelo. Los niveles siempre estuvieron mayores a 2 me de Na/100 g y el cultivo mantuvo un rendimiento aceptable.

Tamayo *et al.* (s.f.b), evaluaron el efecto de cuatro niveles de materia orgánica (4, 8, 12 y 16 ton/ha) aplicados al cultivar Yema de Huevo - Clon Uno con fines de exportación, en cuatro municipios productores de papa en el Departamento de Antioquia. Encontraron diferencias significativas entre dosis de materia orgánica y localidades. El mayor rendimiento se obtuvo cuando se empleó 12 ton/ha de materia orgánica, con una producción 40.47 ton/ha.; aunque se incrementó la producción de tubérculos con tamaño óptimo para la exportación, éstos no presentaron calidad debido al alto porcentaje de materia seca en los tubérculos.

Rodríguez y Saa (2004), evaluaron algunas propiedades físicas y de rendimiento de papa criolla, en dos lotes sometidos a labores de recuperación mediante la utilización de zanjas de fertilidad en el corregimiento de Mapachico en el Municipio de Pasto (Nariño) a 2710 msnm. Se preparó previamente el suelo abriendo zanjas donde se incorporó tamo de trigo asperjado con caldo microbial (bioabono) cubriéndolo con suelo, para luego ser sembrados e incorporados consecutivamente a las zanjas, avena, chocho (*Lupinus mutabilis*) y avena nuevamente. La aplicación del fertilizante NPK (15-15-15) se realizó de forma fraccionada a la siembra y al aporque en una dosis de 1.533 kg/ha. Se observó una marcada diferencia en las variables densidad aparente, humedad volumétrica del suelo y conductividad, reflejando una recuperación de las propiedades del suelo. En cuanto a los componentes de rendimiento, la modalidad zanjas de fertilidad presentó un rendimiento máximo de 25.86 ton/ha.

Faccini *et al.* (2007), reportaron los resultados obtenidos en una investigación previa, donde emplearon cuatro bacterias solubilizadoras de Fósforo (*Pseudomonas cepacia*, *Xanthomona maltophilia*, *Enterobacter cloacae* y *Acidovorans delafieldii*) y cuatro cepas de *Azotobacter chroococcum*; permitiendo formular un inoculo dual en medio de cultivo GISA (medio modificado PSB – *Azotobacter*). Se probó la efectividad del inóculo en un cultivo de papa criolla cultivar Yema de Huevo; después de 120 días de inoculado, se encontraron diferencias estadísticas en altura de la planta, peso seco de raíz, número de tubérculos y disponibilidad de Fósforo en el suelo, en tratamientos con fertilización

NPK o sin ella. Las variables peso seco de raíz y disponibilidad de Nitrógeno en el suelo, mostraron mejores resultados con la inoculación de 50% del inoculo y 50% de fertilización química. La variable número de tubérculos mostró mejores resultados con la aplicación de la dosis completa de fertilización química. La evaluación económica de los tratamientos permitió concluir que el uso del inóculo dual disminuyó los costos en un 7.4%.

Muñoz y Lucero (2008), evaluaron el efecto de la fertilización orgánica (cuatro niveles 0, 800, 1000 y 1200 kg/ha) combinada con NPK 13-26-6 en dosis de 0, 600, 900 y 1200 kg/ha sobre el rendimiento en el municipio Providencia a 2520 msnm (Nariño). Encontraron diferencias estadísticas en los niveles de abono orgánico en 800 y 1200 kg/ha; la relación abono orgánico/abono químico con mejores resultados fue 300/800 kg/ha.

6. Labores culturales

6.1 Preparación del suelo

Esta labor tiene como finalidad descompactar el suelo hasta una profundidad entre 0.30 y 0.40 m, se realiza generalmente con azadón, bueyes o tractor. La papa criolla requiere de suelos no pedregosos, de mediana fertilidad, con buena estructura granular, textura franca, sin capas compactas, buena retención de humedad y buen drenaje (Zapata *et al.*, 2006).

La preparación en general emplea tractor, haciendo necesario realizar varios pases de implementos como el arado, rastrillado y la surcadora, lo cual afecta la estructura del suelo; en algunas regiones se emplea la preparación con azadón o con bueyes, técnicas un poco más conservacionistas de suelo. En terrenos pendientes, la preparación debe hacerse en curvas a nivel o en surcos que corten la pendiente, para evitar problemas de erosión (Rivera, 2005). De igual manera se recomienda hacer zanjas laterales de desagüe o drenaje con el fin de evitar pérdida de suelo por escorrentía.

Dentro de las prácticas conservacionistas de preparación de suelo se encuentra la siembra de papa en guachado que es una labor ancestral en el Departamento de Nariño y sobresale por su contribución a la sostenibilidad agroecológica, económica y social. La palabra guachado viene del quechua wachay, que significa "campo de cultivo", formado por cespedones cortados y doblados, para formar guachos. El sistema de siembra de papa en guachado desarrollado en suelos ubicados por encima de 3.000 msnm, mantiene las características físicas, químicas y biológicas del suelo; mantiene la porosidad del suelo en niveles adecuados menores al 65%, a diferencia de la preparación convencional que aumenta los macroporos y el suelo se vuelve más esponjoso. En guachado, el suelo se pierde 54 kg/ha menos en primera siembra y 32 kg/ha menos en segunda siembra, comparado con la labranza convencional donde se pierde 131 y 155 kg/ha de suelo en primera y segunda siembra, respectivamente; adicionalmente, permite incorporar entre 36 y 45 ton/hectárea de materiales orgá-

nicos. Al voltear el cespedón, hay reacción de tipo anaerobia (fermentación e incremento de la temperatura) que permite eliminar algunos estadios de insectos-plaga y la presencia de lombrices favorece a la aireación y descomposición de la materia orgánica del suelo, en comparación de la labranza convencional. Así mismo, la rotación con pastos y el periodo de dos a cinco años que permanece el terreno en potrero corta el ciclo de las plagas (Ordóñez, 2007).

6.2 Siembra

Un indicador directo del rendimiento del cultivo es la cantidad de semilla sembrada; para sembrar una hectárea con papa criolla se requiere entre 0.6 y 0.95 ton de tubérculo-semilla. Los requerimientos de agua en esta época son muy importantes, los agricultores hacen coincidir esta etapa con el inicio de las lluvias o durante la misma (Rivera, 2005).

La densidad de siembra está determinada por dos factores: el número de sitios por hectárea y el número de tallos por sitio. La densidad de tallos afecta el número de tubérculos, el tamaño de los tubérculos y la tasa de multiplicación, la cual está determinada a su vez, por el número de tallos que emergen y sobreviven. Factores ambientales ejercen influencia directa, tales como: intensidad de luz, fertilidad, humedad y estructura del suelo. Los tallos principales son aquellos que crecen directamente del tubérculo-semilla, los tallos laterales son aquellos que se ramifican de los tallos principales, solo cuando esta ramificación tiene lugar bajo la superficie y forma raíces, estolones y tubérculos, se considera productivos. El conjunto de tallos principales y tallos ramificados bajo el suelo se denomina tallos sobre el suelo, el cual se emplea como índice para estimar el rendimiento probable. Este índice es dependiente de la variedad, tamaño y edad fisiológica del tubérculo-semilla y su número de brotes (Wiersema, 1987, citado por Sauca y Chicangana, 2000).

La evaluación del rendimiento del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, realizada por Arias y Pinzón (1996), bajo diferentes densidades de siembra utilizando cuatro distancias entre surcos (0.70, 0.80, 0.90 y 1.0 m) y tres distancias entre plantas (0.20, 0.25 y 0.30 m), en CAM de la UNC, permitió establecer que las diferentes densidades no presentaron diferencias para el número y peso de tubérculos de las categorías primera y segunda (diámetro mayor a 4.0 cm y entre 2.0 y 4.0 cm, respectivamente), encontraron diferencias en la cantidad de tubérculos con diámetro inferior a 2.0 cm, categoría tercera, la cual tiene un menor mercado y afecta la rentabilidad del productor, con lo que se estableció una relación directa entre mayor densidad de siembra y menor tamaño promedio de tubérculos.

FEDEPAPA (1996), evaluó diferentes distancias de siembra entre plantas (0.2 y 0.4 m) y número de tubérculos semilla por sitio (1 y 2) en la producción de papa criolla en Suesca, Carmen de Carupa (Cundinamarca) y Toca (Boyacá); bajo un arreglo factorial 2 x 2. Se concluyó que para la producción de mayor porcentaje de tamaño gruesa es suficiente con un tubérculo-semilla por sitio y una distancia de siembra de 0.2 m entre plantas.

Conforme a lo enunciado en el capítulo 2, Bello y Pinzón (1997) evaluaron el efecto del tamaño del tubérculo-semilla sobre el rendimiento en cultivar Yema de Huevo- Clon Uno. Empleando semilla de tres tamaños (diámetro menor a 2.0 cm, entre 2.0 - 4.0 cm y mayor a 4.0 cm) y dos distancias entre plantas (0.3, 0.5 m). Encontraron que el rendimiento decrecía en la medida que disminuía el tamaño del tubérculo-semilla y aunque no se presentaron diferencias estadísticas, el tamaño de tubérculo-semilla menor a 2.0 cm fue el menos recomendado, debido a que su diferencia en el rendimiento fue económicamente importante para el productor. El potencial productivo no cambió al variar la distancia de siembra, debido probablemente a la corta longitud de los estolones del cultivar y a la poca producción de raíces adventicias.

En el Centro Experimental ICA San Jorge en marzo de 1999, se estableció un experimento para evaluar el rendimiento de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, bajo tres densidades de siembra (0.20, 0.30, 0.40 m), en surco doble y sencillo. El fertilizante edáfico aplicado fue NPK 12-34-12 en dosis de 500 kg/ha. Las variables evaluadas fueron peso de tubérculos según clase y densidad de tallos. A partir de los resultados se evidenció que existe una relación entre la distancia entre plantas, el tipo de surco y el rendimiento. Comparando los resultados, el surco doble con distancia de siembra de 0.40 m obtuvo un rendimiento superior en un 51.52% frente al surco sencillo con la misma distancia. Al relacionar la cantidad de semilla necesaria para el surco doble, se requiere 42.9% más que para el surco sencillo. Al margen de la evaluación, se observó que la incidencia de enfermedades foliares fungosas fue mayor por la alta densidad de plantas y cantidad de follaje, lo cual incrementaba costos de manejo (Saucá y Chicangana, 2000).

Tamayo *et al.* (s.f.c), evaluaron el efecto de las distancias de siembra sobre el rendimiento, con fines de exportación, en el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno en cuatro municipios productores de papa en el Departamento de Antioquia. Las distancias evaluadas fueron 0.15, 0.20 y 0.25 m entre plantas y 1.0 m entre surcos. Al momento de la siembra se aplicó fertilizante NPK 10-30-10, 800 kg/ha y fertilizante orgánico en dosis de 3000 kg/ha. La distancia de siembra que presentó mayor rendimiento fue 0.15 m entre plantas, con una producción de 39.15 Ton/ha, en el municipio de La Unión.

Zapata *et al.* (2006), recomendaron para las variedades de papa Criolla Colombia, Criolla Latina y Criolla Paisa destinadas a procesamiento industrial, distancia entre surcos 1.0 m y entre plantas de 0.15 y 0.2 m para los municipios de Sonsón y Carmen de Viboral en el Departamento de Antioquia.

6.3 Control de malezas

El control de plantas arvenses es una actividad que implica altos costos debido a la mano de obra que requiere, efecto de sobre laboreo del suelo, la cual trae como consecuencia compactación, pérdida de estructura y afectación de la población de microorganismos del suelo. Adicionalmente, estas plantas compiten por luz, agua y nutrientes, se comportan como hospedantes de plagas y patógenos, afectando la

calidad de las cosechas, dificultando las labores, aumentando los costos de producción y limitando la selección de los cultivos a sembrar (Bohórquez y Parada, 2001).

En el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, Bohórquez y Parada (2001), evaluaron la eficacia del herbicida pos emergente rimsulfuron en tres dosis (12.5, 21.25 y 23.75 g ingrediente activo/ha) en el control de las malezas en combinación de labores manuales (desyerba y aporque) frente a un testigo comercial (metribuzina + propaquizafop), aplicado a 21 dds, cuando el cultivo presentaba 95% de emergencia y, en promedio, dos pares de hojas. El área experimental fue establecida en CAM (Mosquera), las variables evaluadas fueron porcentaje de cobertura de malezas, control de malezas, daño visual al cultivo y rendimiento del cultivo. A partir de los resultados, los autores encontraron que el rimsulfuron en dosis mayores a 12.5 g ingrediente activo/ha controló malezas dicotiledóneas y gramíneas con valores superiores al 65%, aún a los 54 dda (días después de aplicación). La tendencia general de la población de arvenses en el tiempo, fue la disminución de la cobertura por acción de los herbicidas y por efecto de la competencia interespecífica. Las poblaciones de arvenses afectadas por los tratamientos de rimsulfuron presentaron clorosis en hojas jóvenes, formación de antocianinas, necrosis y detención del crecimiento, sin presentar síntomas de fitotoxicidad en el cultivo, indicando selectividad a la papa. De acuerdo con los resultados, se propuso una aplicación temprana en posemergencia, como alternativa para ser incluida en un programa de manejo malezas, remplazando la labor de la desyerba y limitando el control manual solo a la labor de aporque.

6.4 Desyerba y aporque

Estas labores tienen como finalidad eliminar malezas y cubrir con suelo el mayor número de nudos para estimular la formación de raíces y estolones en cuyos tejidos apicales se desarrollan los tubérculos; los estolones descubiertos no forman tubérculos y crecen como tallos aéreos, los cuales son improductivos. El atraso de estas prácticas culturales aumenta el daño en las raíces y perjudica el número de tubérculos (Lujan, 1990). Esta labor debe realizarse en el primer mes después de que emergen las plantas, porque de lo contrario la práctica tardía de esta labor puede afectar el sistema de raíces y estolones (Rivera, 2005).

González y Romero (2000), evaluaron la interacción entre el efecto del aporque, desyerba y densidad de siembra sobre el rendimiento, en dos localidades de Cundinamarca, vereda El Salitre, municipio de Tausa (3260 msnm) y Carmen de Carupa (2950 msnm). Establecieron 15 tratamientos combinando distancia entre surcos (0.70, 0.85 y 1.0 m) y tiempo en la cual se realizó la labor, medido en días después de emergencia (15, 30 y 45 dde). Encontraron que la labor de aporque no afectaba estadísticamente el número de tallos/m², porque esta variable es función del número de brotes, pero sí incidió en el rendimiento, aumentando la cantidad de tubérculos cosechados en 20% con respecto al tratamiento control, sin aporque. En cuanto a las épocas de aporque no encontraron diferencias estadísticas, pero identificaron que el aporque tardío (45 dde) incrementaba la producción de tubérculos categoría tres.

Bustos y Mesa (2001), evaluaron en el Centro Experimental ICA San Jorge, el efecto de diferentes densidades de siembra con aporque desde la siembra sobre la producción del cultivar Yema de Huevo - Clon Uno. La distancia entre surcos fue 0.60, 0.80 y 1.0 m y la distancia entre plantas 0.30 y 0.40 m, ubicando el tubérculo-semilla a una profundidad promedio de 0.3 m, creando un aporque desde la siembra. Se evaluó peso seco de hojas, tallos, estolones y tubérculos, IAF, número de tallos/m² y rendimiento. Los resultados encontrados permitieron concluir que no hubo diferencia entre el aporque convencional y la siembra profunda en términos de rendimiento; esta siembra profunda o aporque desde el inicio, presentó una reducción en el periodo vegetativo de la planta. Al aumentar el número de tallos/m², se incrementó el número y peso de tubérculos de tercera. Frente a estos resultados Nústez (2001), en entrevista presentada por el Boletín de la Papa, mencionó la posibilidad de reducir los costos de producción al eliminar la labor de aporque, porque la papa criolla posee estolones muy cortos, aspecto que ocasiona una producción muy concentrada cerca de la planta.

6.5 Coberturas

Blanco *et al.* (2004), probaron la utilización de acolchado plástico de tres tipos, (negro/negro, plata/negro, blanco/negro) sobre el cultivar Yema de Huevo, encontrando que los tratamientos frente al testigo sin acolchado, aumentaron la temperatura y humedad del suelo, estando directamente relacionada con la disminución del periodo vegetativo, en un 20% promedio. Los mejores resultados los presentó el acolchado negro, el cual disminuyó el periodo vegetativo en 24.8%, las aplicaciones de plaguicidas en 80% e incrementó el rendimiento en 8% frente al testigo sin acolchado. El análisis de costos se realizó bajo la premisa de duración del plástico, la cual es de tres a seis cosechas, elemento que compensaba, junto con el aumento de rendimiento, el costo de producción por hectárea, el cual se incrementó en 47% por acción del acolchamiento. De igual forma, el beneficio de cosechas más limpias, por acción del plástico, permite buscar mercados en los cuales se reconozca una compensación adicional por este tipo de producto.

Murcia (2006), evaluó el efecto de una tecnología que incluyó coberturas plásticas (plástico negro, plástico plata y plástico blanco) y aplicación de riego por goteo en la variedad Criolla Latina, durante los semestres 2005A y 2005B, en tres localidades de Cundinamarca, Mosquera, El Rosal y Granada. Encontró que el periodo vegetativo disminuyó en promedio 25.1% con el plástico negro, 22.5% con el plástico plata y 14.8% con el plástico blanco. Los mayores rendimientos los presentaron los tratamientos que emplearon el plástico plata (12.98 ton/ha) y el plástico negro (12.82 ton/ha). La variedad Criolla Latina presentó rendimiento total promedio de 11.66 ton/ha.

6.6 Cultivos múltiples y asociaciones

Rivera (2005), diferenció conceptos de algunos arreglos espaciales de cultivos múltiples, que tienen como fin ampliar el área plantada en la producción de alimentos, incrementando los rendimientos de los cultivos por unidad de área. Adicionalmente,

se convierte en una medida de control fitosanitario y se aprovechan las rotaciones de papa criolla con otras especies agrícolas como trigo, zanahoria, arveja, cebada y pastos. Las asociaciones o cultivos múltiples se llevan a cabo con otras especies como calabaza, haba, arveja, maíz, frijol, ajo, brócoli, caléndula, coliflor y repollo, e intercalado con otros cultivos como frutales caducifolios que se encuentran presentes en la economía campesina.

Merino y Mesa (1982) evaluaron la influencia de la época de siembra (0, 15, y 30 dds de papa criolla) y distancia de siembra (cuatro distancias: 1, 2, 3 y 4 espacios entre criolla) de la arveja en el rendimiento del arreglo con papa criolla. A partir de los resultados, se pudo establecer que el rendimiento de la papa criolla no se vio afectado por las épocas y densidades de siembra de la arveja cuando se cultivaban asociados. Para el caso de la arveja se presentaron diferencias significativas en la época de siembra, presentando mejor resultado la siembra al tiempo con la papa criolla. En cuanto al rendimiento de la asociación, se obtuvo el más alto rendimiento el arreglo cada dos espacios entre criolla, permitiendo establecer la relación equivalente en terreno, donde se necesitarían 1.35 hectáreas en monocultivo para obtener un rendimiento similar al de asocio.

6.7 Manejo del periodo de reposo del tubérculo

Romero (1965), evaluó el efecto del Cloro IPC (Isopropil-N-3-clorofenil-carbamato Cl –IPC e Isopropil carbanilato IPC) en dosis de 50 y 100 mg de Cl-IPC/kg y 2 g de IPC/kg en aplicación impregnando los tubérculos mediante inmersión y aspersión, para la inhibición de la brotación del tubérculo de papa de las variedades Diacol Capiro y Carreta Criolla. Los tubérculos se guardaron en cajas de madera y éstas a su vez en depósitos corrientes. Los resultados indicaron que el sistema es más efectivo cuando se usan variedades de brotación tardía como Diacol Capiro, en comparación con variedades de brotación temprana como Carreta Criolla; las dosis aplicadas fueron igualmente efectivas.

Luján (1970), evaluó el efecto de Hidrazida Maleica (dinitro – o – sec – butilfenol) en papa criolla cultivar Yema de Huevo, aplicando cuatro concentraciones frente a un testigo sin aplicación (0.0, 0.05, 0.10, 0.20 y 0.40%), en dos localidades en la Sabana de Bogotá, en Tibaitatá (Mosquera) y Quiba (Bosa), comparándolo con el efecto del Boro como transportador de Hidrazida Maleica, a partir de la fuente tetraborato de Sodio decahidratado en tres concentraciones frente a un testigo sin aplicación (0.0, 0.01, 0.02 y 0.04 mg de Borax/planta). Adicionalmente, evaluó el estado fisiológico en el cual debía ser aplicada la Hidrazida Maleica. Concluyó que el Boro no tiene efecto en la absorción y traslocación de la Hidrazida Maleica en plantas de papa bajo condiciones de campo. Una aplicación simple de Hidrazida Maleica en concentración de 0.40% es suficiente para tener un efecto inhibitor de la brotación hasta por cuatro meses a 15°C y 75% de humedad relativa; el estado fisiológico de la planta, ideal para la aplicación, fue un mes después de plena floración cuando el follaje muestra coloración amarillenta generalizada.

Otras estrategias de manejo del reposo del tubérculo, mencionadas anteriormente, están basadas en el mejoramiento genético, a través de cruzamientos con materiales de amplio periodo de reposo para la obtención de nuevas variedades.

6.8 Buenas Prácticas Agrícolas

FEDEPAPA y Secretaria de Agricultura y Desarrollo Económico de la Gobernación de Cundinamarca en 2008, presentaron una cartilla producto del esfuerzo conjunto de agricultores vinculados al Comité Técnico de la Alianza por el Tesoro Dorado y el Departamento Técnico de la Federación, con la finalidad de buscar el mejoramiento de los métodos convencionales de explotación del cultivo de papa criolla, a través del diligenciamiento de formatos de BPA y la calificación de 152 prácticas agrícolas, organizadas en nueve temas: administración del cultivo, impacto ambiental, manejo de plagas, enfermedades y malezas, manejo de aguas y suelo, uso de semilla, fertilización, manejo de plaguicidas, labores culturales y aspectos sociales y, poscosecha y mercadeo. A través del resultado del nivel de cada tema (deficiente, regular, aceptable, muy bueno y excelente), el agricultor identifica las prácticas a superar, con el fin de mejorar su desempeño en los siguientes ciclos de cultivo.

7. Factores abióticos críticos

La ocurrencia de las heladas en las regiones productoras de papa de los altiplanos de Cundinamarca y Boyacá se presenta en la segunda quincena de diciembre hasta la primera quincena de marzo, coincidiendo con el periodo seco, de igual manera, pero con menor frecuencia, se presenta durante julio y agosto. En el Departamento de Nariño suele ocurrir en cualquier época del año (Artunduaga, 1990, citado por Romero y Norato, 1996).

Los daños ocasionados por las heladas a las plantas, están estrechamente relacionados con la pérdida de las características semipermeables de la membrana celular, la cual ocasiona flacidez, decoloración y marchitamiento de las hojas, estos daños dan como resultado la muerte de gran número de plantas y la disminución en formación y/o llenado de los tubérculos en las que sobreviven, disminuyendo la producción total del cultivo (Steponkus, 1994, citado por Romero y Norato, 1996).

En 1992, Romero y Norato, realizaron un experimento para determinar el efecto de la poliaminas (PA), putrescina (Put), espermidina (Spd) y espermina (Spm), en la reversión del daño causado por una helada (-1°C por 3 horas). Este experimento se llevó a cabo en la vereda Salitre Alto, municipio La Calera (Cundinamarca) a 2950 msnm, donde se aplicaron foliarmente poliaminas a un cultivo de papa criolla cultivar Yema de Huevo, que había sufrido el fenómeno de helada, seis horas antes. Las concentraciones de PA evaluadas fueron determinadas previamente como las más efectivas en la reversión del daño por heladas en maíz, Put 1000 µM, Spd 100 µM y Spm 50 µM. La respuesta de las plantas a las aplicaciones de PA se midió en la producción total en

peso fresco de los tubérculos cosechados en los dos surcos centrales de cada unidad experimental; el tratamiento que mejor resultado presentó frente a la disminución de las consecuencias de la helada fue Spm 50 μ M con un rendimiento de 9.85 ton de papa criolla/ha, frente al testigo 5.42 ton/ha. Las características polianiónicas de las PA le permiten unirse a moléculas polianiónicas como los fosfolípidos y actuar como estabilizadores de la membrana celular en sistemas sometidos a estrés como en protoplastos ó en la pérdida de las membranas tilacoidales de los cloroplastos.



CAPITULO 3

Composición nutricional, calidad de tubérculo y desarrollo agroindustrial

La calidad de los productos agrícolas involucra una serie de características que determinan su grado de aceptación por parte del consumidor, relacionadas fundamentalmente con su sanidad general y con su vida comercial. Dentro de tales características se pueden mencionar entre otras, valor nutricional, características organolépticas, características físicas y propiedades mecánicas. La firmeza mide la resistencia a daños físicos ocasionados por medios mecánicos durante la recolección, manipulación y transporte; esta depende del momento y método de recolección y de la temperatura de almacenamiento. En función de la calidad del producto, el conocimiento de las características físicas y las propiedades mecánicas juega un papel indispensable para lograr una buena presentación y conservación, permitiendo definir el manejo más adecuado del producto durante los periodos de precosecha, cosecha y poscosecha (Buitrago *et al.*, 2004).

1. Composición nutricional

La papa criolla, es considerada dentro de los tubérculos, la que mayor aporte proteico, mayor concentración de carbohidratos, de vitamina C y de Hierro. La Tabla No. 18 presenta la composición nutricional.

Castro y Ruiz (1972), evaluaron el contenido de almidón, azúcares como Glucosa, Fructosa y Sacarosa, aminoácidos como Metionina libre, Triptófano, Lisina, Tirosina, y elementos como Fósforo y Calcio en papa criolla. Con material proveniente de la cosecha de parcelas fertilizadas con NPK (5-10-5) y sin fertilizar, en el municipio de La Calera; encontraron que las muestras presentaron diferencias entre los materiales fertilizados y los no fertilizados, identificaron mayor porcentaje de materia seca en el material fertilizado; el almidón tuvo el mismo comportamiento, evidenciando la natural relación entre contenido de almidón y nivel de materia seca. Los aminoácidos Lisina, Triptófano y Tirosina presentaron el comportamiento anterior; de igual manera, el contenido azúcares reductores y no reductores. Concluyeron que en papa criolla Yema de Huevo los monosacáridos presentes fueron Fructosa, Glucosa alfa y beta y Manosa; éstos en menor proporción frente a disacáridos como Sacarosa, la cual se encontró en el 92%, factor que incide en el sabor característico de la papa criolla.

Tabla No. 18. Composición nutricional de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno

NUTRIENTES	CONTENIDO	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)
Agua	75.5 %	75	75
Calorías	83	83	83
Proteína	0.5 %	2.5	7.0
Grasas	0.1 %	0.1	0.31
Carbohidratos	18.7 %	24.5	24.5
Fibra Cruda	2.2 %	2.2	6.78
Cenizas	1.0 %	1.0	3.08
Vitamina C	15 %		
Fosforo	54 mg	0.042	0.13
Hierro	0.60 mg		
Calcio	7.00 mg	0.170	0.52
Riboflavina	0.06 mg		
Niacina	2.5 mg		
Acido ascórbico	15.0 mg		
Tiamina	0.08 mg		

Fuente: Convenio CORPOCEBADA- FEDEPAPA, 1996); Largo *et al.*, 1997; Bello *et al.*, 1997; Mora, 2000; Otálora y Puentes, 2004

Mejía (2004), evaluó la composición química y nutricional de papa criolla proveniente de un cultivo localizado en Zipaquirá (Cundinamarca) ubicado a 2600 msnm. Encontró diferencias estadísticas en la concentración de nutrientes comparando papa entera, pulpa y cáscara. La papa entera presentó mayor contenido de calorías (87.49 Kcal), Fibra (0.54 g) y carbohidratos (20.17 g). La cáscara de los tubérculos presentó mayor humedad, mayor nivel de proteína (1.27 g), vitamina C (1.10 mg), Zinc (0.89 mg), Hierro (3.49 mg), Manganeseo (0.15 mg), Cobre (0.23 mg), Sodio (203.5 mg) y Potasio. La pulpa aportó del total de carbohidratos, el 95.09%.

Pineda (2006), relacionó varios autores, los cuales reportaron diferencias varietales importantes en el nivel de contenido de proteínas totales en papa, variando entre 8.1% y 17.75. En *S. tuberosum* Grupo Phureja, el contenido promedio fue de 5.1% con valores superiores alrededor de 6.3%; indicó de igual manera, que el contenido proteico es superior que en otros cultivares y variedades tradicionales. La aplicación de técnicas biotecnológicas al mejoramiento por contenido de proteína en la papa, han descrito el aislamiento y caracterización física de un cDNA para la proteína patatina, la cual constituye al menos el 40% de la proteína soluble presente en la papa. Se ha planteado la posibilidad de sustituir ciertas partes de la secuencia de este cDNA con el fin de codificar una proteína con un mayor valor nutricional, que pueda insertarse en algunos genotipos, ya no para incrementar el contenido de proteína, sino para mejorar su calidad.

2. Requerimientos de calidad

Buitrago *et al.*, (2004) determinaron las propiedades físico-mecánicas de tres variedades de papa (Yema de Huevo, Parda Pastusa y Diacol Capiro), necesarias para el diseño y operación de maquinaria para siembra, cosecha, postcosecha y para el adecuado almacenamiento del producto. Midieron propiedades físicas como: dimensiones axiales, esfericidad, redondez, ángulo de reposo, densidad real, densidad aparente y porosidad, determinaron propiedades mecánicas como resistencia a la compresión, corte, punzonamiento y coeficiente de fricción. Tomaron como factores de variación para cada variedad, el tamaño y el tiempo de toma de las observaciones (cada 15 días durante 90 días).

En papa criolla se encontró homogeneidad en las características físicas, excepto en peso, indicando la gran variabilidad de este parámetro en el cultivar sin clasificación. El ángulo de reposo fue muy homogéneo (50.32°), con valores cercanos al ángulo de reposo de formas esféricas, lo cual estuvo acorde con los valores encontrados para esfericidad y redondez (0.79 y 0.80, respectivamente); el valor promedio de la densidad real fue de 1113.01 kg/m^3 . El valor promedio encontrado para la porosidad puede considerarse alto (48.1%), lo cual es ideal para procesos de enfriamiento y almacenamiento refrigerado. La parte elástica de la curva carga-deformación presentó una variación entre 11 y 24%; la carga máxima soportada en promedio fue de 150 N; la carga en biofluencia que soportó el tubérculo en promedio fue de 135.19N. En las pruebas de punzonamiento, la carga máxima promedio necesaria para romper los tubérculos fue de $141.4 \pm 30.8 \text{ N}$, para lo cual se presentó una deformación de 18.9 mm (unos milímetros después de atravesar el centro de la papa). En las pruebas de corte, el valor promedio soportado por la cáscara fue de $10.12 \pm 2.6 \text{ N}$ y un trabajo promedio de 0.008 J, lo cual demostró gran susceptibilidad al daño mecánico; la carga soportada por el tubérculo en promedio fue de $25.9 \pm 4 \text{ N}$. La deformación para esta carga ocurrió justo unos milímetros antes de la mitad del tubérculo, en promedio a 13.59 mm. El trabajo presentó un valor promedio de $0.24 \pm 0.084 \text{ J}$. En las pruebas de fricción se apreció que los valores del coeficiente de fricción estático permanecieron constantes pues en estado fresco su valor fue de 0.12, mientras que en estado germinado fue igual a 0.13, lo cual se debe probablemente a la alta perecibilidad de esta variedad, lo cual no generó cambios significativos en corto tiempo. El valor para el coeficiente de fricción dinámica en estado fresco fue de 0.25 y en estado germinado fue de 0.33.

Según Ligarreto y Suárez (2003) y Rivera *et al.*, (2003), las condiciones de calidad varían para cumplir las exigencias de los productos finales, estos requerimientos son dependientes de los diferentes procesos y transformaciones a los cuales son sometidos los tubérculos.

2.1 Papa fresca

La apariencia externa debe ser muy buena, reflejada en tubérculos redondos, ojos superficiales, piel lisa, color característico de Yema de Huevo; sin manchas, pigmentaciones, daños mecánicos o daños causados por enfermedades o plagas. Los requerimientos internos como harinosidad, necesita de altos contenidos en materia seca, corazón completo (sin hueco, ni manchas oscuras) y color de pulpa homogéneo.

Pino (1995b), evaluó el uso de películas protectoras comestibles para prolongar la vida útil de la papa criolla; la finalidad de las películas consistía en retardar la migración de la humedad, retardar el transporte de O₂ y CO₂, retardar el transporte de soluto y mejorar las propiedades de manejo mecánico. Se emplearon dos tratamientos y dos condiciones de almacenamiento; estadísticamente el mejor tratamiento fue la asociación del fungicida tiabendazol, 4.5 ml de p.c./l y cera, bajo condiciones de 2°C y 90% de humedad relativa, con un tiempo de vida promedio de 30 días.



2.2 Papa procesada

Las condiciones varían dependiendo del tipo de producto. Es así como productos procesados donde la papa se presenta en forma entera, los requerimientos externos son los mismos que debe cumplir la papa fresca; en procesos deshidratados, donde la presentación es transformada sustancialmente, los niveles de aceptación de imperfecciones externas tienden a subir, permitiendo condiciones de apariencia que no se admitirían en presentaciones de papa fresca o procesada entera.



Primeros ensayos de papa criolla deshidratada

Los tamaños o diámetros ideales, dependen también del producto a elaborar; los tamaños pequeños son apropiados para las presentaciones precocida congelada o encurtida y tamaños grandes con formas redondas o comprimidas, donde se involucra pelado, son apropiados en procesos para la obtención de francesas y hojuelas (Ligarreto y Suárez, 2003).

Según Amador y Ortigón (1995), las características específicas para procesamiento están relacionadas con los siguientes aspectos:

- Alto contenido de azúcares reductores, causan ennegrecimiento del tubérculo debido al proceso o reacción de Maillard, que consiste en la glucosilación no enzimática de proteínas, producida entre el grupo amino de los aminoácidos y los azúcares reductores, cuando se calienta el tubérculo. Las investigaciones han demostrado que 2.5 – 3.0 mg de azúcares reductores/gramo de peso fresco debe ser considerado como el máximo nivel permisible para hojuelas; la presentación en francesas o tiras, permite un nivel máximo cercano a 5 mg/gramo de peso fresco (Ligarreto y Suarez, 2003).
- El contenido de materia seca, directamente relacionada con el tiempo de cocción o frito, varía entre cultivares y está influenciada por condiciones de madurez del tubérculo, clima, suelo y prácticas de cultivo.

Rivera *et al.* (2003), establecieron que para transformaciones donde se involucren procesos térmicos como precocción o esterilización (papa encurtida o precocida), el contenido de materia seca del tubérculo debe ser bajo para evitar su desintegración. Este fenómeno está relacionado, mayormente, con diámetros superiores a 3.5 cm y con las condiciones morfológicas de la epidermis, la cual está constituida por células grandes y delgadas que son susceptibles a la ruptura durante el proceso térmico.

De otra parte, los procesos para la obtención de productos deshidratados, preformados y presentación en francesas o bastones, requieren alto contenido en materia seca; factor relacionado con gravedad específica y contenido de almidones, los cuales evitan que se absorba demasiado aceite durante la fritura; adicionalmente, la materia seca determina índices de rendimiento en hojuela, expresado como la relación directa entre almidón y rendimiento industrial, para lo cual se requieren entre 4 y 5 kg de papa fresca para producir un kg de "chips" u hojuela (Ligarreto y Suarez, 2003). En la Tabla No. 19, se presentan las variables y parámetros utilizados por la industria para la selección de variedades de papa criolla.

3. Productos elaborados con papa criolla

Calderón y Rojas (1995) y Calderón (1996), diseñaron procesos para la obtención de papa criolla precocida y congelada, francesa precocida prefrita congelada y preformados. La etapa experimental se llevó a cabo en la Planta Piloto de Vegetales del ICTA de la Universidad Nacional de Colombia, empleando el cultivar Yema de Huevo - Clon Uno.

Tabla No. 19. Parámetros utilizados en la industria según producto procesado

PARAMETRO	ENCURTIDOS		PRECOCIDO		FRITO		DESHIDRATADA
PRODUCTO	SALMUERA	VINAGRE	ENLATADO	CONGELADO	HOJUELA	FRANCESA	
FORMA Y DIAMETRO	Redondo y/o Comprimido 2.5 cm		Redondo y/o Comprimido 2.5 cm		Redondo y/o Comprimido 4.0 – 6.5 cm 6.5 – 8.0 cm	Comprimido y/o Alargado 5.0 cm o más	Redonda 3.0 - 4.5 cm
PROFUNDIDAD DE OJOS	Sobresalientes y/o superficiales						
COLOR	Color piel: Amarillo intenso				Escala internacional: máximo 2.7 Escala de colores: Mínimo 5.0	Escala internacional: máximo 3.0	Amarillo intenso
MATERIA SECA	16 a 19%		18.5 – 20.5%		Niveles superiores a 23%		21 – 25%
GRAVEDAD ESPECIFICA	1.075 – 1.070		1.068 – 1.070		1.089		1.080 – 1.100
ALMIDON (%)	9.85 – 12.70		12 - 14		Niveles superiores a 16.61		14.5 – 18.5
QUEMADO (%)	No Aplica				Máximo en línea: 15%	Máximo en línea: 30%	No aplica
CARACTERISTICAS DE RECHAZO	Suma de defectos: Daño por plagas: máximo 8% (Tecia, chiza, tiroteador, gusano blanco, babosa, trozador) Daños por microorganismos: máximo 3% (Alteraciones por bacterias, hongos, etc). Daño físico: Máximo 10% (Asoleada, magullada, cortada, pardeada, papa hueca)				Suma de defectos internos y externos: 3% Daño interno: Pulpa color diferente o papa hueca. Daño externo: Microorganismos, plagas, asoleada, tallada, magullada		

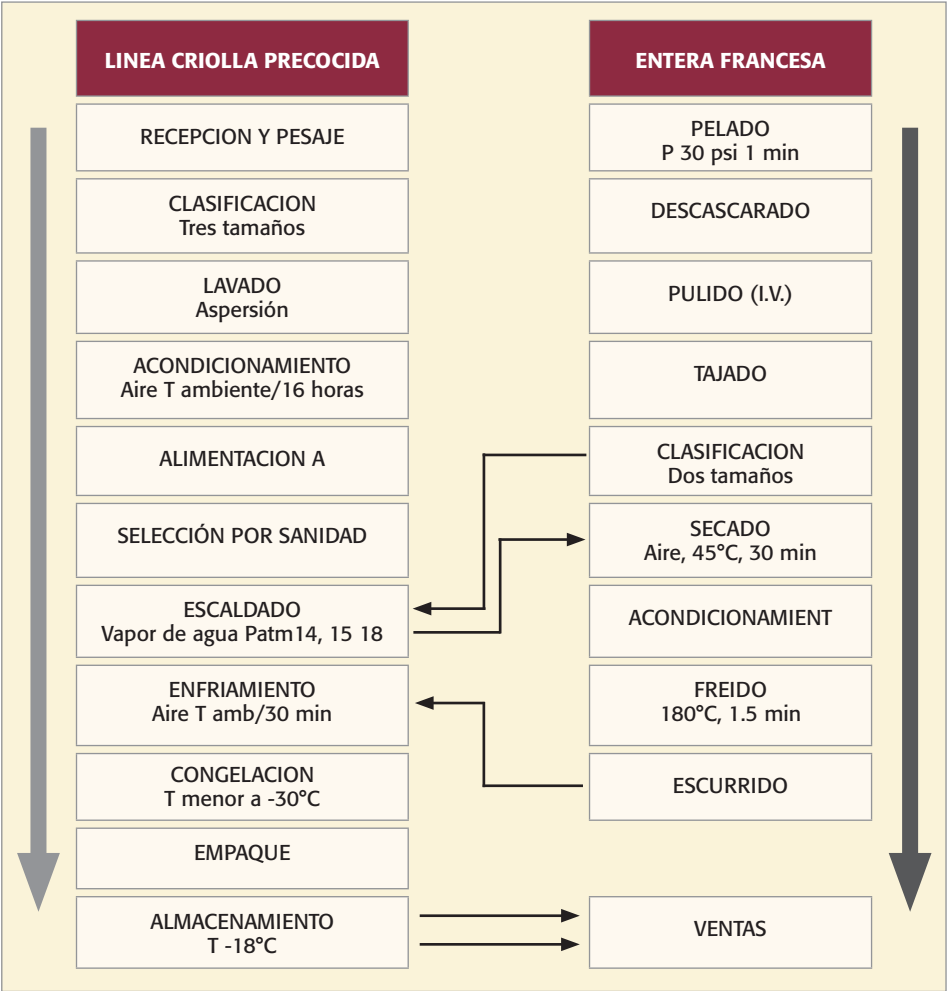
Fuente: Rivera, 2002; IICA, 1993, citado por Ligarreto y Suárez, 2003

En la Figura No. 3, se muestra el diagrama de flujo del proceso precocido congelado y el proceso para la obtención de papa a la francesa precocida, prefrita y congelada.



Primeros ensayos de congelación de papa criolla

Figura No. 3. Diagrama de flujo del proceso para papa criolla precocida congelada y francesa precocida, prefrita y congelada



Fuente: Calderón, 1996

3.1 Línea precocida congelada

Dentro de las etapas de transformación en el proceso de la línea precocida congelada, los aspectos evaluados permitieron establecer el procedimiento adecuado, siendo determinantes los siguientes elementos:

- Para la precocción se evaluaron dos tratamientos: inmersión en agua en ebullición y vapor de agua; la variable de respuesta empleada fue tiempo necesario para lograr precocción en los diferentes tamaños mediante la determinación cualitativa de la inactivación de la enzima polifenoloxidas.

- El enfriamiento se llevó a cabo mediante inmersión en agua fría con diferentes temperaturas y el uso de flujo de aire forzado a temperatura ambiente, se evaluó el tiempo necesario para hacer descender la temperatura desde 92 hasta 30°C; la característica física que determinó la respuesta fue el rompimiento de la epidermis por choque térmico.
- Para determinar la congelación ideal, se compararon diferentes velocidades de congelación y su incidencia en las características del producto final.
- La etapa de acondicionamiento buscó reducir la humedad superficial de la papa, para lograr una mayor resistencia de la epidermis, empleando soluciones de NaCl y CaCl₂ empleando diferentes concentraciones, temperaturas y tiempo de inmersión.

Los niveles de rendimiento de la línea precocida congelada de papa criolla estuvieron directamente relacionados con la calidad del tubérculo sometido al proceso, el cual está influenciado por el tamaño del tubérculo.

El rendimiento global de la línea precocida congelada de papa criolla fue de 62%, la capacidad calórica al punto de congelación fue de 3.27°C/Kg. Se observó que el material que excedía el 80% de humedad y sólidos solubles superiores a 5°Brix no fue apto para este procesamiento, aún cuando haya sido sometido a procesos de acondicionamiento. De igual manera, los materiales fertilizados con 60 kg de N/ha, 30 kg de Ca/ha y 19.1 kg de Mg/ha reportaron las mejores características de humedad (78%), contenido de azúcares (3.2°Brix) y resistencia de la epidermis a los tratamientos térmicos. En la Tabla No. 20, se presentan los factores que inciden en el rendimiento (Pino, 1995a).

Tabla No. 20. Rendimiento de la línea precocida congelada de papa criolla

ETAPA	FACTOR	DESCRIPCION	RENDIMIENTO (%)
ACONDICIONAMIENTO	Selección y clasificación	Papas que no cumplen con parámetros de procesamiento, debido a tamaño o defectos físicos.	94.18 – 95.77
ESCALDADO	Aumento de temperatura	Ganancia de peso por hidratación. Papas con piel delgada presentan rompimiento	93.28 – 97.04
CONGELACION	Velocidad	Deshidratación. Papas de menor tamaño sometidas a procesos lentos tienen mayor nivel de pérdida.	88.99 – 92.23

Fuente: Pino 1995a

Según Largo *et al.* (1997) y Fajardo y Díaz (2002), los factores críticos en cada etapa, para la producción de papa criolla precocida congelada fueron:

- Clasificación. Es necesario llevar a cabo una clasificación detallada por tamaño empleando un transportador de rodillos.
- Lavado. El proceso de eliminación de partículas de suelo e impurezas mejora la presentación; existe una pérdida por efecto de la actividad, pero también se da una ganancia de humedad superficial.
- Selección. Implica la inspección visual eliminando los tubérculos que no posean adecuadas condiciones físicas para el proceso. Incluye forma y color



Lavado de producto previo a procesamiento



Selección de papa criolla conforme criterios exigidos de diámetro

- Acondicionamiento. Dependiente de la prueba de resistencia de la cáscara y grados Brix.
- Escaldado. Tiene como fin inactivar las enzimas, para evitar la formación de sabores desagradables, pérdida de textura y disminución de la viscosidad. Es un proceso importante para expulsar el aire intermolecular, reducir la contaminación y fijar el color; altamente dependiente de las condiciones del tubérculo. Cuando se realiza este procedimiento con agua, la pérdida de nutrientes es alta, por lo tanto, se recomienda realizarlo con vapor vivo (Rivera *et al.*, 2003). Rojas (1980), encontró que una vez cosechado el tubérculo el porcentaje de ácido ascórbico oscila entre un 16.2 y 22.0% y su pérdida ocurre de forma acelerada, conformándose polímeros de hidroximetil furfural, incidiendo en el pardeamiento enzimático.
- Enfriamiento. Evita la sobrecocción después del escaldado y el ablandamiento de tejidos. Este paso afecta importantemente la calidad visual del producto



Escaldado con vapor de agua

final, especialmente bajo la técnica IQF, debe tener un tiempo suficiente para evitar la formación de cristales de agua sobre la superficie del tubérculo, debe contar con una etapa de preenfriamiento, para mejorar calidad de congelación.

- Congelación. Fija la estructura del tejido, dependiente de la velocidad, relacionado con el tipo de procedimiento. Para procedimientos IQF se recomienda realizar la congelación antes de empacar el producto, la cual debe realizarse bajo vibración para evitar que los tubérculos se peguen entre sí.
- Empaque. El polietileno de tipo transparente u opaco, calibre dos, presenta excelente resistencia al agua, ácidos y álcalis.
- Almacenamiento. Las temperaturas ideales se encuentran entre -18 y -22°C.



3.1.1 Técnica de Congelación Individual (IQF)

Rivera *et al.* (2003), evaluaron el procesamiento de papa criolla precocida y congelada con la técnica IQF (Individual Quick Freezing ó congelación individual ultrarrápida) en genotipos promisorios de papa criolla; encontraron que la velocidad de congelación obtenida, durante el paso de la papa precocida por el túnel de congelación IQF, fue de 0.74 cm/h, valor dentro de los rangos de congelación rápida, por ser mayor a 0.5 cm/h. La temperatura de la superficie de la papa descendió de 20 a 0°C en los primeros 2.5 minutos, necesitando 35 minutos para que se produjera su congelación. El tiempo de enfriado y escurrido debe ser lo suficiente para eliminar el vapor de agua emitido por la papa después de la precocción; para llevar a cabo esta labor, fue necesario un túnel de secado previo al proceso IQF. Este procedimiento mejora la apariencia del producto y facilita el proceso de manipulación durante el empaclado. En la Figura No 4, en la parte superior, se observa el flujo de proceso para la elaboración de la papa precocida congelada IQF y, en la parte inferior, el comportamiento de la temperatura del túnel IQF y la interna de la papa, durante los primeros 50 minutos de congelación rápida.

3.2 Línea francesa precocida, prefrita y congelada

Esta transformación en bastones es una alternativa para los tubérculos de papa criolla que presentan diámetro superior a 4.5 cm. Los métodos evaluados incluyeron condiciones para pelado (abrasivo y vapor); escaldado (inmersión en agua a 80°C, vapor y combinación entre estos) y secado (temperatura, tiempos y deshidratación osmótica con soluciones de NaCl en diferentes concentraciones y tiempos); el rendimiento global de la línea fue de 53%. Las condiciones generales del proceso incluyó secado a 45°C por 30 minutos, acondicionamiento a temperatura ambiente por 18 minutos y freído a 180°C por 1.5 minutos.

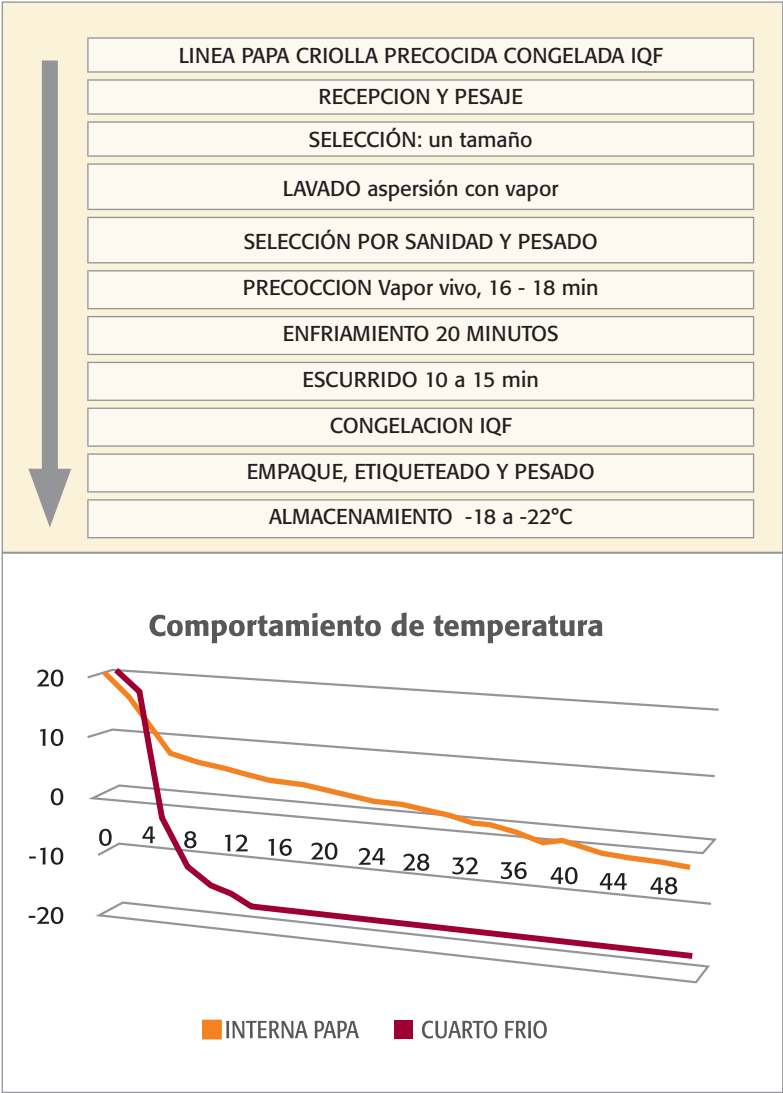
3.3 Preformados

La elaboración de preformados aprovecha subproductos de los procesos de papa precocida y papa a la francesa, los cuales son aproximadamente el 20% de la producción total. Las etapas en las cuales se aprovecha el descarte son las siguientes: papa entera precocida congelada, se emplea el descarte durante la etapa de selección y de la papa en bastones, se emplean los cortes que han sido descartados por tamaño o forma.



Preformados de papa criolla Convenio CORPOCEBADA-FEDEPAPA

Figura No. 4. Proceso de elaboración de papa criolla precocida congelada IQF y comportamiento de la temperatura



Parte superior: Proceso para elaboración de papa precocida congelada IQF.
Parte inferior: Comportamiento de la temperatura del túnel IQF y la interna de la papa
Fuente: Rivera *et al.*, 2003

Rojas *et al.* (1996), establecieron las condiciones que debe tener la pasta con la cual se elabora los preformados: la condición mínima requiere que debe contener el 85% de papa criolla para el moldeado en anillos, cilindros o cualquier otra forma. Se evaluó textura, sabor y absorción de aceite; la formulación empleó harina de trigo, harina de arroz, harina de maíz, albumina de huevo, leche en polvo, carboximetil celulosa y sal. La Figura No. 5, muestra la línea de proceso.



Extrusado de papa criolla para elaboración de preformados

3.4 Puré deshidratado

El Convenio CORPOCEBADA - FEDEPAPA (1994), presentó un esquema del proceso para la obtención de puré deshidratado, a partir de papas peladas y no peladas; incluyó la utilización de un deshidratador de rodillos para mantener las condiciones organolépticas del producto inicial, con un rendimiento de 22.2 kg de puré deshidratado por cada 100 kg de materia prima, teniendo en cuenta que la pulpa representa el 90% y la piel 10%. Las condiciones y el proceso para obtener la pasta se presenta en la Figura No. 6.

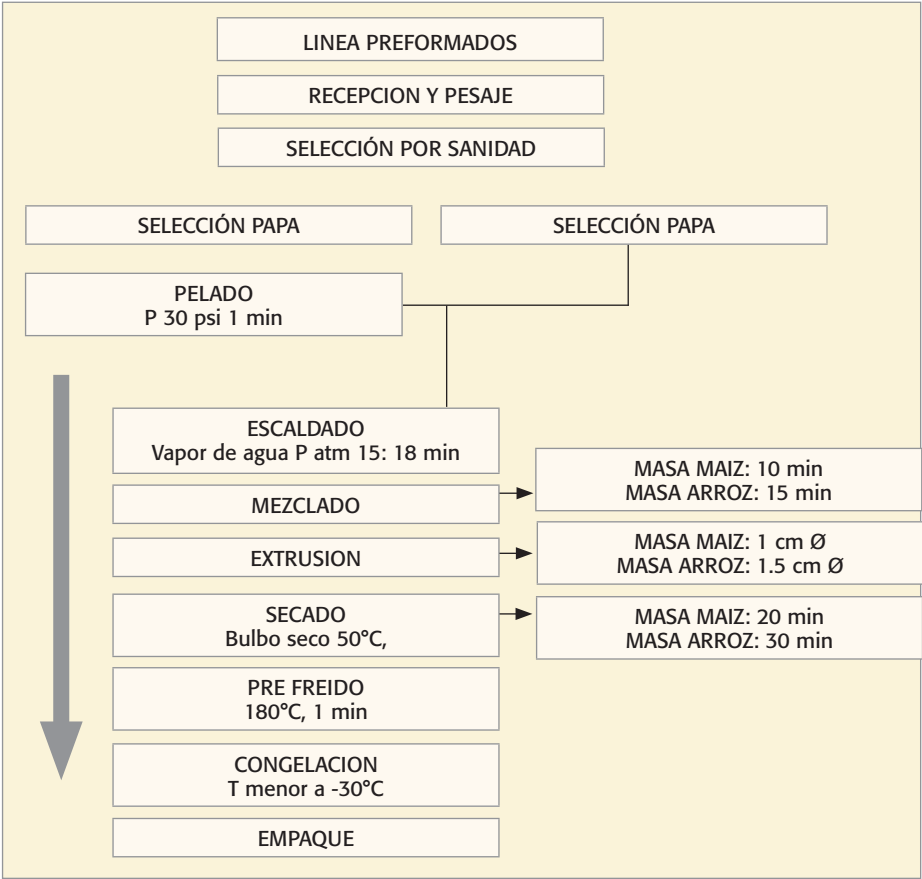
3.5 Harina de papa

Velásquez (1995), evaluó la obtención de harina de papa criolla mediante la deshidratación por rodillos; el tiempo de lavado fue de 5 minutos para evitar pérdida de piel y pulpa, precocción de 15 a 21 minutos buscando el ablandamiento sin que el producto se desintegrara, secado a 20 psi con 2 rpm con 20 mm de separación para obtener humedad de 7.31%, el cual se encuentra entre el rango de humedad para harinas. Con el molino de martillos se lograron diámetros de partícula que pasaron por malla 350. El control de calidad se realizó determinando la reacción de Maillard, la actividad enzimática se determinó por análisis granulométrico y la isoterma de absorción de la harina utilizándose seis soluciones, las cuales permitieron cubrir el rango de 0 a 1 de actividad de agua a temperatura constante; esta mostró, que el producto solo puede tener una composición aproximada de 11 g de agua por cada 100 g de sólidos

secos, por lo tanto, el empaque debe garantizar una barrera impermeable. La Figura No. 7 muestra el diagrama para la obtención de harina de papa criolla.



Figura No. 5. Diagrama de flujo del proceso para preformados, a partir del proceso de papa criolla precocida congelada y francesa



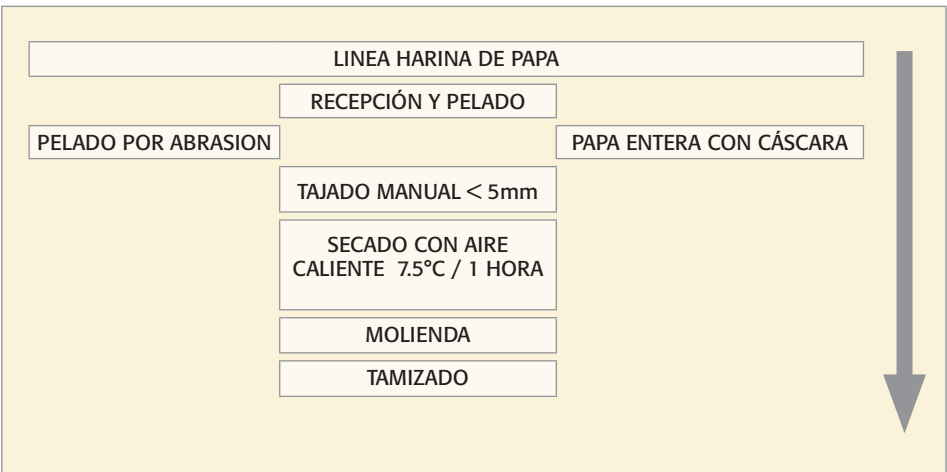
Fuente: Rojas *et al.*, 1996

Figura No. 6. Diagrama de flujo del proceso para elaboración de puré de papa



Fuente: Convenio CORPOCEBADA- FEDEPAPA, 1994

Figura No. 7. Diagrama de flujo del proceso para preparación de harina de papa



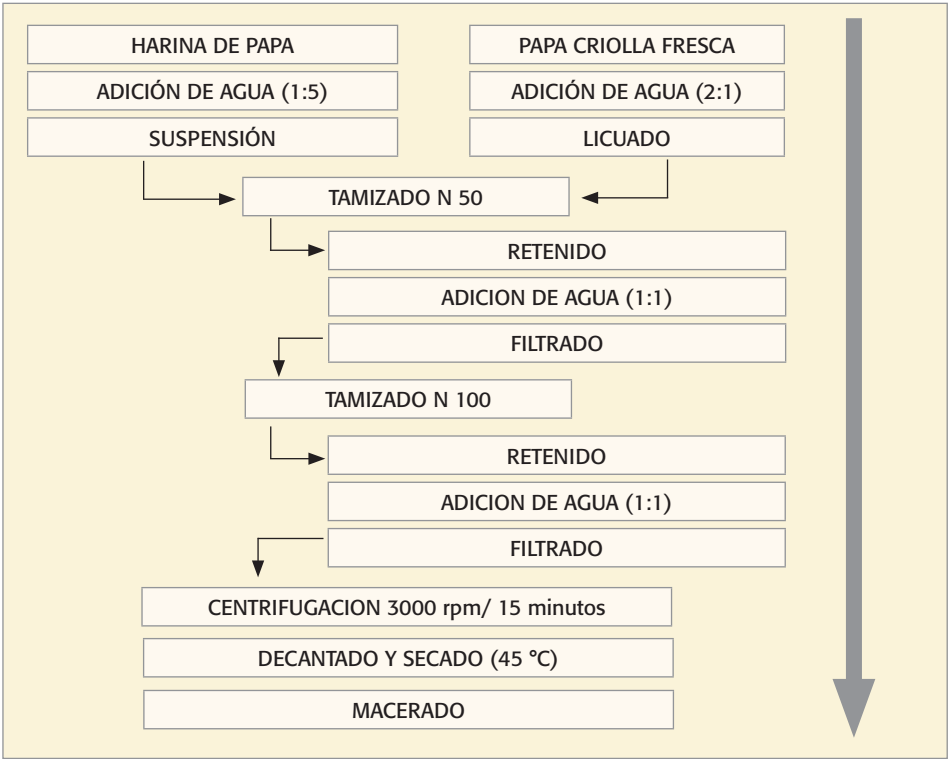
Fuente: Velásquez, 1995

3.6 Almidón de papa

Argüello (2006), comparó las propiedades funcionales del almidón extraído de harina de papa criolla y de papa criolla fresca, encontrando que son diferentes en claridad de geles, capacidad de retención de agua y estabilidad de los ciclos de congelación–descongelación.

La harina de papa criolla elaborada con tubérculo pelado mostró color claro y uniforme; cuando se usó tubérculo con cáscara se presentaron impurezas en el producto terminado, posiblemente por reacciones de pardeamiento. El almidón de papa fue muy similar al de maíz en porcentajes de humedad, carbohidratos y extracto etéreo; sin embargo, presentó mayor contenido de proteína y muy bajo porcentaje de ceniza. La evaluación de las propiedades funcionales indicaron que la concentración mínima de gelificación es del 9% y que la mayor capacidad de retención de agua, se alcanzó al someter los geles a 90°C durante 15 minutos; la claridad de los geles de almidón de papa criolla fue mayor que los de maíz a la misma concentración, pero depende de la materia prima utilizada, lográndose geles de mayor claridad cuando se utilizó almidones obtenidos de papa criolla fresca (PCF). Adicionalmente, estos geles presentaron una mayor estabilidad a los ciclos de refrigeración y congelación–descongelación. El almidón extraído de papa criolla fresca mantuvo estable el índice de absorción de agua y textura; estas características le permiten ser incluido en productos que durante su procesamiento, requieran cambios de temperatura o aumentar la consistencia sin alterar color y transparencia.

Figura No. 8. Diagrama de flujo del proceso para la obtención de almidón a partir de papa criolla.



Fuente: Argüello, 2006

El rendimiento del almidón según la materia prima utilizada en la extracción fue del 63.42% para harina de papa criolla y 42.73% para papa criolla fresca; la Figura No. 8, muestra el diagrama del proceso.

4 Plantas de proceso de papa criolla

Amador y Ortegón (1995), presentaron un estudio de factibilidad para el montaje de una planta procesadora en la ciudad de Tunja, empleando una metodología de tipo descriptivo, analítico y participativo, contando con los productores de papa criolla, comercializadores y consumidores. Los procesos agroindustriales analizados para obtención fueron papa criolla precocida y congelada, encurtida, fresca para microondas y como subproductos harina y puré en presentaciones de 500 y 1000 gramos. La demanda potencial fue analizada dentro de estratos socioeconómicos con ingresos medios y altos, empleando el canal comercializador desde el mayorista Corabastos hasta los supermercados de cadena. La capacidad de producción del proyecto fue proyectada para 12500 kg/semana, con posibilidad de ampliación; la ubicación sería sobre la vía que conduce al Municipio de Soracá, por la cercanía de las zonas productoras de materia prima y el centro de consumo, la Ciudad de Tunja. El flujo del proceso se presenta en la Tabla No. 21.

Tabla No. 21. Flujo del proceso de producción de papa criolla precocida congelada, para la ciudad de Tunja

PASO	PROCESO	CARACTERISTICA
1	Recepción	Cuenta con almacenamiento, movimiento a través de banda transportadora
2	Clasificación	Selección por tamaños y diámetros según requerimientos de la planta
3	Lavado	Lavador rotatorio con sistema de chorro a presión
4	Selección	Selección por fallas visibles sobre piel limpia
5	Escaldado	Inactivación enzimática
6	Enfriamiento	Aspersión de agua fría, dependiente del tipo de proceso
7	Empaque	
8	Almacenamiento	

Fuente: Amador y Ortegón, 1995

Los costos de inversión inicial determinados para este proyecto fueron \$88.750.000 (valor para el año 1995), de los cuales los activos fijos (maquinaria y equipos; muebles y enseres; vehículos) correspondieron al 73.24% y el capital de trabajo, constituido por materia prima y mano de obra directa/mes llegó al 26.76%. Así mismo, establecieron que el punto de equilibrio de papa precocida congelada implicaba una venta mensual de 3226 kg/mes, a razón de \$1000/kg.

Orjuela (1996), realizó un estudio de prefactibilidad para el montaje de una planta procesadora a escala industrial como proyecto piloto a partir de los datos de Calderón,

(1995) y la parametrización del proceso de papa criolla y papa negra o papa de año. Para estructurar la demanda, oferta y precio de venta, se basó en estudios de mercadeo realizados en restaurantes y puntos de comidas rápidas estratos 4, 5 y 6 y hogares de los estratos socioeconómicos 3, 4, 5 y 6. La capacidad planteada instalada, sería de 400 kg/hora, la proyección de inversiones fue de \$1.173.172.000, de los cuales el 75% correspondía a activos fijos con puntos de control específicos (estos se refieren a escaldador, secador, freidor, congelador y caldera, los cuales deben disponer control automático para garantizar el manejo de las variables y su seguridad operativa; el sistema de frío IQF, adecuado con compresores, difusores y banda transportadora). El 25% restante correspondía a activos preoperativos, donde se incluyeron gastos y costos preoperativos, investigación y desarrollo y capital de trabajo. Los costos de producción se estudiaron basándose en un estudio de macro localización, presupuesto de materias primas, costo de mano de obra y gastos generales de fábrica, basados en la cobertura de demanda; los gastos administrativos y de mercadeo fueron definidos a partir de una estructura organizacional.

Méndez *et al.* (1996), determinaron la factibilidad económica de la puesta en marcha de una planta procesadora para producir papa criolla entera precocida y congelada y papa criolla francesa precocida, prefrita y congelada. Empleando la metodología de series de tiempos para desestacionalizar los precios y establecer el precio de la materia prima al momento de iniciar el proyecto y empleando los estudios de mercado mencionados anteriormente, se realizó un estudio de localización para determinar la ubicación estratégica de la planta.

Fajardo y Díaz (2002), en el análisis de factibilidad para la exportación a Japón de papa criolla precocida congelada estimaron los costos operacionales directos por kilo \$755.03 y los costos operacionales indirectos \$596.67. Sumando los valores anteriores a los costos de exportación, se obtuvo un costo de venta mínimo de \$2472/kg.



CAPITULO 4

Aspectos socio-económicos, consumo, mercadeo y exportación

1. Caracterización socioeconómica de la producción

La papa criolla es producida a nivel nacional en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño y, en menor proporción, en Antioquia, Santander, Norte de Santander, Cauca y Tolima. La Tabla No. 22 relaciona los municipios productores en los principales departamentos.

Tabla No.22. Principales municipios productores de papa criolla en Colombia por departamento

DEPARTAMENTO	MUNICIPIOS
CUNDINAMARCA	Bojacá, Cajicá, Cáqueza, Chipaque, Choachí, Chocontá, El Rosal, Facatativá, Fosca, Granada, Guasca, Madrid, Mosquera, Pacho, Sibaté, Soacha, Subachoque, Suesca, Ubaque, Une, Villapinzón, Zipacón, Zipaquirá.
BOYACA	Aquitania, Belén, Boyacá, Buenavista, Cerinza, Ciénega, Cómbita, Gachantivá, Jenesano, Monguí, Motavita, Paipa, Ramiriquí, Samacá, Santa Rosa de Viterbo, Siachoque, Sogamoso, Soracá, Turmequé, Toca, Tota, Tunja, Umbita, Ventaquemada, Viracachá.
NARIÑO	Catambuco, Contadero, Córdoba, Cumbal, Gualmatán, Guachucal, Ipiales, La Victoria, Pasto, Potosí, Puerres, Pupiales, Santander, Túquerres.
ANTIOQUIA	Abejorral, Carmen de Viboral, Granada, Guarne, La Unión, Marinilla, Santuario, San Vicente, Santa Rosa de Osos, Sonsón.
CAUCA	Jambaló, Puracé, Silvia, Sotorá, Totoró.
NORTE DE SANTANDER	Cácota, Opitaga, Mutiscua, Pamplona, Silos.
SANTANDER	Cerrito, Málaga, Sutará, Tona.
TOLIMA	Murillo, Cajamarca, Santa Isabel, Roncesvalles

Fuente: Mosquera, 1992; Convenio Corpocebada-Fedepapa, 1994

Según Mosquera (1992), los municipios del departamento de Cundinamarca, son los principales abastecedores de Bogotá, por cercanía y red vial. Por efecto de las heladas,

la época limitante en la Sabana de Bogotá está comprendida entre el 15 de diciembre y el 15 de marzo y desde el 15 de junio al 15 de septiembre. En el departamento de Nariño los municipios productores se encuentran a altitudes superiores a las de Cundinamarca y Boyacá; el mercado que abastece este departamento está relacionado con Cundinamarca, Caldas, Risaralda, Quindío, Cauca, Valle y Antioquia. En el departamento de Antioquia, los municipios de Carmen de Vóboral y La Unión son los de mayor producción y siembras durante todo el año con su principal mercado en la ciudad de Medellín. En el departamento del Cauca, la producción de papa criolla se moviliza para cubrir las necesidades propias de departamento, Huila, Caquetá y la ciudad de Cali.

El país no dispone de información precisa sobre área cultivada con papa criolla. En el ámbito nacional, la siembra de papa criolla se desarrolla a pequeña escala por los altos riesgos que genera, de una parte, la susceptibilidad del cultivo a las heladas y a problemas fitosanitarios, y de otra, la alta perecibilidad del producto durante la poscosecha. Como consecuencia de lo anterior, existe una tendencia a la estacionalidad de la oferta y, por ende, de los precios. (www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/papa_criolla.htm).

En el año 1994, el informe de gestión del convenio CORPOCEBADA – FEDEPAPA reportó que el departamento de Cundinamarca participaba en el mercado nacional de papa criolla con un 55%, equivalente a 60.500 ton/año, mientras el departamento de Boyacá participaba con el 25%, equivalente a 27500 ton/año, la producción restante se encontraba en los demás departamentos.

Según los datos del Primer Censo Nacional de la Papa, realizado durante el año 2002 y 2003 en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, permitieron conocer que en el departamento de Cundinamarca se sembraron 56.316 hectáreas y en Boyacá se sembraron 30.454 hectáreas de papa. En el departamento de Boyacá, existen 64.988 UPP y 80.658 lotes donde predominan lotes pequeños; el área sembrada no cambia significativamente de un semestre a otro; la Provincia Centro tiene el 54% del área sembrada en papa, es allí donde se ubican los municipios reconocidos como productores de papa criolla.

La papa criolla dentro de las variedades sembradas en Cundinamarca y Boyacá, ocupó el 5.3% y el 4.0% del área respectivamente. Según las Tablas No. 23 y No. 24 los departamentos de Cundinamarca y Boyacá presentaron un alto número de lotes pequeños, con rendimientos de producción no superiores a 11 ton/ha.

El marco socioeconómico del cultivo de papa en Colombia, visualizado por regiones, permite una visión del cultivo en papa criolla; es así que en el departamento de Cundinamarca, del área total cultivada, la producción bajo arriendo corresponde al 55%; el 53% de los productores son menores de 44 años, y presentan mayor nivel de escolaridad; en el departamento de Boyacá se presenta un fenómeno contrario donde el cultivo de papa se desarrolla en un 52% en tierra propia, el mayor porcentaje

Tabla No. 23. Área cosechada, producción y rendimiento papa criolla, Departamento de Cundinamarca y Boyacá, Año agrícola 2002

DEPARTAMENTO	SEMESTRE A 2002				SEMESTRE B 2002				AÑO AGRICOLA			
	AREA (ha)	PRODUCCION Ton	RENDIMIENTO Ton/Ha	AREA (ha)	PRODUCCION Ton	RENDIMIENTO Ton/Ha	AREA (ha)	PRODUCCION Ton	RENDIMIENTO Ton/Ha	PRODUCCION Ton	RENDIMIENTO Ton/Ha	RENDIMIENTO Ton/Ha
CUNDINAMARCA	1145	13139	11,5	1152	21913	19	2297	35052	15,3	35052	15,3	15,3
BOYACA.	383	S.D.	S.D.	817	S.D.	S.D.	1200	9379	7,82	9379	7,82	7,82

S.D. Sin Datos

Fuente: Fedepapa, 2003

Tabla No. 24. Área, número de lotes por hectárea de papa criolla, Departamento de Cundinamarca y Boyacá, Año agrícola, julio 2001 – junio 2002

DEPARTAMENTO	SEMESTRE B 2001				SEMESTRE A 2002				AÑO AGRICOLA			
	LOTES	AREA (ha)	PROMEDIO Ha/lotes	LOTES	AREA (ha)	PROMEDIO Ha/lotes	LOTES	AREA (ha)	PROMEDIO Ha/lotes	AREA (ha)	PROMEDIO Ha/lotes	PROMEDIO Ha/lotes
CUNDINAMARCA	1925	1507	0.78	2355	1471	0.62	4280	2978	0.70	2978	0.70	0.70
BOYACA*	3740	817	0,218	1813	383	0,211	5553	1200	0,216	1200	0,216	0,216

*Boyacá el semestre B 2001, corresponde al semestre B 2002; año agrícola 2002.

Fuente: Fedepapa, 2003

Tabla No. 25. Área cosechada y producción con riego de papa criolla. Año agrícola, 2002

DEPARTAMENTO	AREA COSECHADA (ha)	AREA CON RIEGO (ha)	PRODUCCION TOTAL Ton	PRODUCCION CON RIEGO	PORCENTAJE CON RIEGO
CUNDINAMARCA	2297	572	35052	9835	28%

* Boyacá no dispone de agua para riego en 76% del área destinada a papa, los valores por variedad son muy pequeños.

Fuente: Fedepapa, 2003

de productores (47%) es menor a 44 años y presenta mejores niveles de formación académica.

La cantidad de agua disponible en las UPP es muy escasa, como se evidencia en la Tabla No. 25, estando Boyacá en mayor desventaja, porque no se registra la existencia de lotes donde el riego sea una labor. La práctica de lavar la papa en la finca se presenta básicamente en papa criolla, en el departamento de Cundinamarca, de la producción total el 43% se lava en la finca, la Tabla No. 26 presenta los datos de papa criolla lavada y papa criolla no lavada.

De la producción total entre el 80 y 88% se comercializa, el destino principal son los mercados mayoristas terminales, este es el principal destino en Cundinamarca, el 72%; situación diferente para Boyacá donde solo el 44% se comercializa en las mayoristas terminales. Los datos se presentan en las Tablas No. 27 y No. 28.

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), en Colombia en el 2007 se sembraron 6360 hectáreas en papa criolla, de las cuales el 41% se ubicaron en Cundinamarca, seguido en orden de importancia por Nariño con 33%, Boyacá, Norte de Santander y Antioquia con 12%, 7% y 6%, respectivamente. En cuanto a la producción, Cundinamarca también ocupó el primer lugar con 35893 toneladas, es decir, el 46% de la producción nacional y un rendimiento de 13.93 ton/ha, le sigue Nariño con el 32% de la producción y un rendimiento de 11.79 ton/ha, Boyacá, Norte de Santander y Antioquia con un 12%, 7% y 6% del total de las áreas sembradas, respectivamente, con un porcentaje igual en el total de la producción nacional (CCI, 2008).

2. Costos de producción y precios

2.1 Costos de producción

Villarreal *et al.* (2007) realizaron un análisis de costos de producción para las principales variedades de papa, incluyendo papa criolla durante los dos semestres del año 2006 y el primer semestre de 2007 en cuatro regiones productoras del tubérculo, altiplano Cundiboyacense, Nariño y Antioquia. La estructura incluyó dentro de los costos directos insumos, semillas, correctivos, fertilizantes y abonos, plaguicidas, empaques, preparación de suelo, mano de obra y transporte. Los costos indirectos incluyeron arrendamiento, administración, depreciación de construcciones y equipos y costo de capital.

Los mayores costos totales de producción de papa criolla se registraron en el departamento de Antioquia \$6.963.535 y en el altiplano Cundiboyacense \$6.846.039, los menores costos se reportaron en el departamento de Nariño con \$6.106.311. En términos porcentuales, los costos totales del departamento de Nariño fueron 10.8% menores a los reportados en el altiplano Cundiboyacense y 12.3% menores a los de Antioquia; de igual forma, los costos reportados para el Altiplano Cundiboyacense fueron 1.7% menores a los reportados en Antioquia.

Tabla No. 26. Producción total de papa lavada y no lavada de papa criolla. Año agrícola, 2002

DEPARTAMENTO	PRODUCCION TOTAL Ton	PAPA LAVADA (Ton)	PORCENTAJE DE PAPA LAVADA	PAPA NO LAVADA (Ton)	PORCENTAJE PAPA NO LAVADA
CUNDINAMARCA	35052	15048	43%	20004	57%

Fuente: Fedepapa, 2003

Tabla No. 27. Producción total y destino papa criolla. Año agrícola, 2002

DEPARTAMENTO	PRODUCCION Ton	MERCADO	PORCENTAJE MERCADO	AUTOCONSUMO	PORCENTAJE	SEMILLA	PORCENTAJE
CUNDINAMARCA	35052	30782	88%	2459	7%	1799	5%
BOYACA*	9379	7509	80%	843	9%	1027	11%

* Boyacá año agrícola Julio 2002 – Junio 2003.

Fuente: Fedepapa, 2003

Tabla No. 28. Producción destinada al mercado y sitio de venta de papa criolla. Año agrícola, 2002

DEPARTAMENTO	PRODUCCION DESTINADA AL MERCADO	CENTRO MAYORISTA TERMINAL	CENTRO MAYORISTA DE ORIGEN	PLAZA MUNICIPAL	INDUSTRIA PROCESADORA	FINCA	SUPERMERCADO
CUNDINAMARCA	30782	22198 (72%)	2371 (8%)	5024 (16%)	43 (0.1%)	956 (3%)	189 (0.6%)
BOYACA	7509	3332 (44%)	3147 (42%)	720 (10%)	0	310 (4%)	0

* Boyacá año agrícola Julio 2002 – Junio 2003.

Fuente: Fedepapa, 2003

En el altiplano Cundiboyacense los costos totales de producción pasaron de \$6.450.747 en el semestre A de 2006, a \$6.925.073 en el semestre B del mismo año y a \$7.162.296 en el semestre A de 2007, significando un incremento nominal total de los costos en el periodo de 11.0%. Para esta zona productora durante el periodo de estudio se presentaron los mayores incrementos en los costos de semilla (62,5%) y costo del capital (35,8%); los costos de fungicidas, presentaron en el periodo un descenso de 2.8%.

En el departamento de Nariño los costos totales de producción pasaron de \$5.982.846 en el semestre A de 2006, a \$5.929.778 en el semestre B del mismo año y a \$6.406.310 en el semestre A de 2007. Esto significa un incremento total de los costos en el periodo de 7.1%. Para esta zona productora durante el periodo de estudio se presentaron los mayores incrementos en los costos de capital (35.6%), empaques (27.5%) y transporte (27.1%); los costos de herbicidas presentaron, en el periodo, un descenso de 2.4%.

En el departamento de Antioquia los costos totales de producción pasaron de \$6.575.938 en el semestre A de 2006, a \$6.648.396 en el semestre B del mismo año y a \$7.666.271 en el semestre A de 2007. Esto significa un incremento total de los costos en el periodo de 16.6%. Para esta zona durante los tres semestres se presentaron los mayores incrementos en los costos de arriendo por cosecha (40%), transporte (28.1%) y mano de obra (24.2%); los costos de herbicidas y fungicidas presentaron en el periodo un crecimiento negativo de -2.3% y -7.6%, respectivamente. La comparación de los costos de producción promedio se resume en la Tabla No. 29.

El costo de la semilla, al comparar los promedios de los tres semestres, fue menor en Nariño en un 7.1% frente al altiplano Cundiboyacense y en un 41.3% frente al departamento de Antioquia. La diferencia de costos especialmente en Antioquia está influenciada por el precio y por las cantidades utilizadas en cada zona productora. Así, en el altiplano Cundiboyacense se usan 900 kilos/ha y el precio promedio del kilo en los tres semestres fue de \$550, mientras que en Nariño, se utilizan 868 kilos/ha y el costo promedio de los tres semestres fue de \$530/kilo y, en Antioquia, se utilizan 1000 kilos/ha y el precio promedio fue de \$783/kilo.

Al comparar los costos promedio de los tres semestres de los fertilizantes, abonos y correctivos, se encontró que en Nariño fueron superiores en más del 40% frente a los del altiplano Cundiboyacense y Antioquia. La participación promedio de estos insumos en los costos totales de producción fue de 14%, 23% y 14% para el altiplano Cundiboyacense, Nariño y Antioquia, respectivamente. Además, las cantidades de fertilizantes edáficos varían significativamente en las tres zonas. Así, mientras en Nariño se reportó un total de 1140 kilos, en el altiplano Cundiboyacense 900 kilos y en Antioquia 700 kilos.

El costo del uso de insecticidas presentó diferencias explicadas entre las tres zonas productoras, por el número de aplicaciones realizadas para el control de las diferentes plagas (del suelo y del follaje) y por las cantidades utilizadas en cada aplicación. Estas

Tabla No. 29. Costos de producción promedio de los semestres A y B de 2006 y semestre B de 2007 de papa criolla en el altiplano Cundiboyacense, Nariño y Antioquia

RUBRO	Promedio Altiplano Cundiboyacense	%	Promedio Nariño	%	Promedio Antioquia	%
Semilla	495.000	7.23	459.751	7.53	783.333	11.25
Fertilizantes A y C	959.475	14.02	1.397.774	22.89	981.968	14.10
Herbicidas	0	0.0	46.919	0.77	27.158	0.39
Insecticidas	231.954	3.39	177.944	2.91	224.875	3.23
Fungicidas	414.267	6.05	435.463	7.13	411.169	5.90
Coadyuvantes	65.484	0.96	104.443	1.71	64.139	0.92
Empaques	354.000	5.17	209.600	3.43	203.667	2.92
Total insumos	2.520.179	36.81	2.831.893	46.38	2.696.308	38.72
Maquinaria prep. Suelo	273.333	3.99	290.000	4.75	549.000	7.88
Mano de obra	2.189.667	31.98	1.524.000	24.96	2.236.667	32.12
Transporte	658.000	9.61	425.200	6.96	544.667	7.82
Total costos directos	5.641.179	82.40	5.071.093	83.05	6.026.642	86.55
Arriendo por cosecha	633.333	9.25	500.000	8.19	340.000	4.88
Admón	-6,4	0.0	276.290	4.52	258.493	3.71
Depreciación C y E.	55.258	0.81	51.699	0.85	59.689	0.86
Capital	239.978	3.51	225.027	3.69	238.757	3.43
Total costos indirectos	1.204.859	17.60	1.035.218	16.95	936.893	13.45
Costo Total	6.846.039	100	6.106.311	100	6.963.535	100

Fuente: Villarreal, *et al.*, 2007

diferencias se justifican por la variación en el paquete tecnológico empleado en cada zona y por el mayor costo de estos insumos en el departamento de Nariño. La participación promedio del conjunto de los plaguicidas y coadyuvantes en los costos totales de producción fue de 10%, 13% y 10% para el altiplano Cundiboyacense, Nariño y Antioquia, respectivamente.

Los costos de preparación de suelos con maquinaria y tracción animal fueron, en promedio de los tres semestres, relativamente similares en el altiplano Cundiboyacense y Nariño, pero frente a los reportados en el departamento de Antioquia fueron un 50.2% y 47.2% menores, respectivamente. La diferencia en Antioquia frente a los de las otras dos zonas productoras se justifica por razones de topografía y eficiencia en la labor; el número de horas-tractor en ese departamento, es casi el doble de las requeridas en el altiplano Cundiboyacense y Nariño.

El rubro mano de obra, en Nariño registró unos costos promedio menores a los reportados en el altiplano Cundiboyacense y Antioquia, explicado por el costo del jornal. En promedio, durante el periodo fue de \$12.000 en Nariño, mientras que para el altiplano Cundiboyacense fue de \$21.000 y en Antioquia de \$16.300. La diferencia en los costos de mano de obra entre el altiplano Cundiboyacense y Antioquia se

sustentan en que, a pesar de tener un costo de jornal menor en Antioquia e incluir la labor de lavado de la cosecha, la eficiencia de las labores es inferior, reflejado en un mayor número total de jornales.

El Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario (SIPSA), en su página de internet, presentó estructuras de costo de producción, para los años 2007 y 2008, de los recursos necesarios para llevar a cabo un ciclo de producción de papa criolla, en un tiempo de 4.5 meses para Cundinamarca y Boyacá y 5.0 meses para Cauca – Nariño, diferenciando el tamaño de la explotación, pequeño (menor a 1 ha), mediano (entre 1 y 5 has) y grande (mayor a 5 has). Estas estructuras hacen referencia únicamente a labores e insumos aproximados y no incluye la infraestructura requerida ni la depreciación de herramientas y equipos, ni el costo que implica llevar el producto al mercado. La Tabla No. 30, recopila esta información. Según el análisis de SIPSA, en la región de Cundinamarca y Boyacá, presenta datos caracterizadores del sistema productivo de acuerdo al tamaño de la explotación, esta situación influye directamente en los costos de producción.

Los costos de producción están afectados en su distribución, por el tipo de productor o el tamaño del área de siembra. En la medida que el área de siembra es mayor, los costos directos van disminuyendo su participación y los costos indirectos van aumentando.

Los costos directos de producción para un agricultor de una hectárea o menos fueron del 82.4% para el año 2008, este rubro en un agricultor con un área de siembra mayor a cinco hectáreas equivale a 76,9%. Para el caso anterior, los costos indirectos son inversos, el agricultor de una hectárea o menos fue de 17.6%, mientras que el agricultor de más de cinco hectáreas tuvo una participación del 23.4%.

Pérez *et al.* (2002), elaboraron un estudio de factibilidad económica y financiera de un cultivo de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno, con aplicaciones de NPK en el Municipio de Cogua (Cundinamarca), a partir de una estructura de costos que relacionó la producción con aplicaciones de fertilizante (factor–producto) y permitiera identificar, clasificar y manejar los costos de producción de cultivo para apoyar la toma de decisiones y derivar la función de producción e ingreso bajo los diferentes niveles de fertilización que permita obtener el punto de máximo beneficio económico y la rentabilidad esperada del cultivo. Trabajaron con dos grados de fertilizantes (10-30-10 y 13-26-6) y ocho dosis cada uno; las variables evaluadas fueron rendimiento en ton/ha y tamaño de tubérculos. Estadísticamente no se presentaron diferencias entre las variables. Los flujos de fondos financieros permitieron establecer la conveniencia de trabajar con dinero financiado cuando el costo de oportunidad del dinero propio es mayor al interés pagado por el préstamo. Las siguientes tablas presenta la función del producto derivada de la aplicación del fertilizante y el flujo de fondos combinado con financiación y sin financiación. Trabajo recopilado en las Tablas No. 31 y No. 32.

Tabla No. 30. Porcentajes de participación dentro del costo de producción por hectárea para Cundinamarca – Boyacá, por área de producción del agricultor

RUBRO	PRODUCTOR PEQUEÑO MENOR A 1 HA		PRODUCTOR MEDIANO ENTRE 1 Y 5 HAS		PRODUCTOR GRANDE MAYOR A 5 HAS	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
AÑO	2007	2008	2007	2008	2007	2008
COSTO DIRECTO	81	81.7	83	84.2	78	76.9
Adecuación terreno	6	5.4	4	3.9	4	4.0
Adecuación	1	0.3			0.4	
Preparación	5	5.1	4	3.9	4	4.0
Siembra	3	1.9	3	2.5	2	1.9
Mantenimiento cultivo	27	11.3	30	13.3	30	12.9
Labores culturales	7	4.9	6	5.1	8	6.0
Aplicación insumos	8	6.5	9	8.2	9	6.9
Cosecha	11	8.7	14	11.6	14	10.6
Insumos	41	49.1	40	47.4	36	42.2
Material propagación	9	13.8	10	13.1	11	11.2
Enmienda		2.6		1.2		0.3
Abono orgánico y acondicionadores		0.1		0.1		0.6
Fertilizantes edáficos	18	19.6	15	19.6	12	17.9
Fertilizantes foliares		0.7		0.3		0.3
Fungicidas	6	5.4	8	6.3	9	8.1
Insecticidas	7	6.0	7	6.4	2	1.7
Herbicidas	1	0.8	0.3	0.4	1	0.7
Coadyuvantes		0.01			2	1.3
Empaque	6	5.3	6	5.5	6	5.3
Bultos		1.6		4.5		
Otros		3.7		1.0		
Materiales	0	0.0		0.04	0.1	0.1
Amarres		0.0		0.04		0.1
COSTO INDIRECTO	19	18.3	17	15.8	22	23.1
Arriendo	12	11.3	10	8.6	16	14.8
Combustible		0.5		0.3		1.9
Administración*	2	2.4	3	2.5	2	2.3
Imprevistos**	4	4.1	4	4.2	4	3.8
COSTO TOTAL (\$)	6.590.774	7.593.316	7.260.512	8.999.323	8.287.447	9.407.797
RENDIMIENTO (ton/ha) (Kg/Ha)	10.333	10.333	11.900	11.900	15.300	15.300
COSTO UNITARIO (\$/Kg)	638	735	610	756	542	615

*3% sobre costos directos; **5% sobre costos directos

Fuente: Sistema de Información de Precios de Insumos y Factores. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Corporación Colombia Internacional. Cálculos: Corporación Colombia Internacional, 2008

Tabla No. 31. Función de producción derivada de la aplicación del fertilizante grado 13-26-6 y 10-30-10 en el cultivo de papa criolla cultivar Yema de Huevo - Clon Uno.

GRADO	DOSIS	RENDIMIENTO (Cargas)*	INGRESOS TOTALES	PRODUCC. MARGINAL	VALOR PRODUCTO MARGINAL	COSTO MARGINAL	COSTO PRODUCCION	COSTO TOTAL	INGRESO NETO
13-26-6	0	155,36	7981,62	0	0	0	41534	41534	3828,22
	200	145,20	7459,65	-10,16	-521,97	120	41534	4273,4	3186,25
	400	150,96	7755,57	5,76	295,92	240	41534	4393,4	3362,17
	600	159,52	8195,34	8,56	439,77	360	41534	4513,4	3681,94
	800	178,96	9194,07	19,44	998,73	480	41534	4633,4	4560,67
	1000	216,48	11121,66	37,52	1927,59	600	41534	4753,4	6368,26
	1200	191,38	9831,12	-25,12	-1290,5	720	41534	4873,4	4957,72
	1400	209,84	10780,53	18,48	949,41	840	41534	4993,4	5787,13
10-30-10	0	186,56	9584,52	0	0	0	41534	41534	5431,12
	200	204,56	9584,52	18,00	924,75	120	41534	4273,4	5311,12
	400	233,20	10509,27	28,64	1471,38	240	41534	4393,4	6115,87
	600	231,68	11902,56	-1,52	-78,09	360	41534	4513,4	7389,16
	800	234,64	12054,63	2,96	152,07	480	41534	4633,4	7421,23
	1000	206,00	10583,25	-28,64	-1471,3	600	41534	4753,4	5829,85
	1200	288,80	14837,10	82,80	4253,53	720	41534	4873,4	9963,70
	1400	286,32	14709,69	-2,48	-127,41	840	41534	4993,4	9716,29

* Cargas de 125 kg
Fuente: Pérez et al., 2002; Colorado, 2005

Tabla No. 32. Flujo de fondos sin financiación y con financiación, para valores estimados en (miles de pesos).

	SIN FINANCIACION						CON FINANCIACION					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
FLUJO												
INGRESOS		5795	9912	9405	10533	9743.1		5795	9912	9405	10533	9743.1
CAPITAL DE TRABAJO	-3854						-3854					
COSTOS FIJOS		-540	-543,0	-545,3	-543,0	-542,8		-540	-543,0	-545,3	-543,0	-542,8
COSTOS VARIABLES		-4453,4	-4476,5	-4500,2	-4700,9	-4478,7		-4453,4	-4476,5	-4500,2	-4700,9	-4478,7
GASTO FINANCIERO								-70	-53	-36	-18	
GANANCIA GRAVABLE		802	4893	4359	5289	4722		732	4840	4323	5270	4722
IMPUESTOS*		-280,5	-1712,4	-1525,6	-1851,0	-1652,5		-256,2	-1693,8	-1513,0	-1844,6	-1652,5
NETO		521	3180	2833	3438	3069		476	3146	2810	3426	3069
RECUPERACION CAPITAL DE TRABAJO						3854						3854
ABONOS								-475	-491,1	-508,2	-525,9	
PRESTAMO							2000					
FLUJO NETO EFECTIVO	-3854	521	3180	2833	3438	6923	-1854	1	2655	2302	2900	6923
VALOR PRESENTE NETO	6594						7056					
TASA INTERNA DE RETORNO	0,542						0,801					
RELACION BENEFICIO COSTO	2,71						4,81					

* Impuesto de renta, patrimonio y complementarios (35%)

Fuente: Pérez et al., 2002

2.2 Precios

En el análisis de precios de venta del mayorista Corabastos para el periodo 1973 - 1993, Amador y Ortégón (1995) concluyeron que la estacionalidad era muy marcada; en el primer semestre se presentaron los precios más altos, destacándose los meses de marzo, abril y mayo con mayor índice; así mismo, el segundo semestre se caracterizó por precios bajos. Durante 1995, los precios del segundo semestre fueron atípicos, presentándose niveles altos en una época de precios bajos, debido probablemente por la campaña publicitaria “CRIOLLA A LA OLLA” desarrollada en el marco del convenio CORPOCEBADA-FEDEPAPA.

Porras reportó entre Enero de 1994 y Junio de 2000, el comportamiento de precios corrientes pagados al productor en la Central de Abastos de la ciudad de Bogotá. Encontró que los mayores precios promedio se presentaron entre marzo y mayo, con valores máximos en Abril y precios bajos en los restantes nueve meses del año, con registros mínimos entre Diciembre y Enero. En la serie de precios corrientes mensuales se encontraron fluctuaciones hasta del 71% entre los precios mínimos y máximos, lo cual se traduce en la incertidumbre de los agricultores de papa criolla frente al mercado; el precio de la papa criolla está en función del volumen del producto en el mercado y su calidad, especialmente en papa lavada (sanidad externa, presentación, brillo y clasificación). En referencia al precio de la papa criolla lavada y sin lavar, en el mismo periodo, se encontró una diferencia entre el 10 y 14%: Del mismo modo concluyó que cuando los precios de la papa criolla en el mercado son bajos, el porcentaje que representa el lavado es alto y caso contrario ocurre cuando los precios de la papa criolla son altos (Porras, 2000).

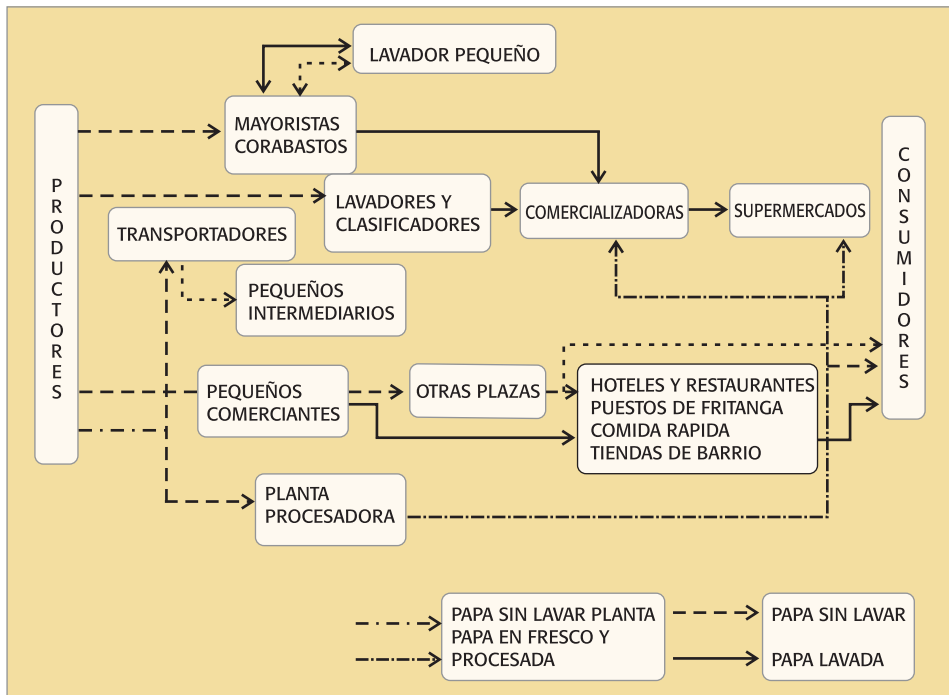
En un análisis realizado por el CCI en 2008, generando el índice estacional de los precios de la papa criolla para los mercados de Bogotá, Cúcuta, Medellín y Tunja, se mostró que el precio mínimo se presenta entre octubre y diciembre incrementándose entre enero y marzo. Se evidencia un alza sostenida en el primer trimestre del año, seguida por una reducción hasta julio, para volver a subir, aunque en menor magnitud hasta septiembre descendiendo hasta finalizar el año. Los precios mayoristas en el mercado de Bogotá presentaron un período con tendencia al alza entre febrero y mayo para luego mantenerse relativamente estables; el mercado de Medellín registró las mayores fluctuaciones en los precios con dos períodos de incrementos (entre febrero y abril y de julio a septiembre). A pesar de lo anterior, el comportamiento de los precios de estos mercados es similar. Durante el mes de noviembre de 2008, en 24 de los 27 mercados en los cuales se comercializó la papa criolla se observó una reducción en los precios; en Bogotá se registró la mayor variación con un descenso de 10%; en Medellín, la disminución en el precio del tubérculo alcanzó el 6%, ante el buen momento productivo por el que estaban pasando los cultivos en el altiplano cundiboyacense y, en Cúcuta, el precio aumentó 3% entre octubre y noviembre (http://www.cci.org.co/publicaciones/1_Dic-19-08%20Precios%20papa%20criolla.pdf).

3 Comercialización

3.1 Canales y estructura de comercialización

Barrera (1994) y Amador y Ortigón (1995), caracterizaron el mercado de la papa criolla, teniendo en cuenta el dinamismo que debe tener por ser un producto altamente perecedero. Dentro de los canales existentes los más frecuentes son los mayoristas tipo Corabastos, lavadores y seleccionadores, comercializadores y supermercados de cadena. La Figura No. 9 presenta las relaciones establecidas en la comercialización de papa criolla. Cada eslabón de la cadena incrementó el precio en promedio un 15%, implicándole al consumidor final, un aumento de 60% con respecto al precio de venta del producto al primer intermediario mayorista.

Figura No. 9. Canal de comercialización de papa criolla en fresco y procesada



Fuente: Amador y Ortigón 1995

Los eslabones tienen características propias que los identifican:

- Productores, definidos como personas que en pequeñas áreas desarrollan actividades de cultivo hasta su recolección y empaque.

- Mayorista de Corabastos es el eslabón más importante dentro de la cadena de comercialización, acopian grandes volúmenes, lo cual les facilita manejar los precios.
- Mayoristas otras plazas, comerciantes más pequeños que trabajan en plazas satélites en diferentes zonas de la ciudad. Los volúmenes que manejan son pequeños, pero debido a la gran cantidad, la demanda agregada es importante.
- Transportadores, facilitadores del acceso del producto de las áreas de producción a las plazas de mercado.
- Lavador y Clasificador industrial, empresas constituidas, cuya función es realizar labores agroindustriales.
- Lavador Pequeño, microempresas familiares que laboran en casas cercanas o utilizan áreas pequeñas dentro de la plaza de mercado, para llevar a cabo un proceso rudimentario donde lavan y clasifican el tubérculo a los mayoristas y comercializadores.
- Comercializadores, empresas constituidas cuyo objetivo es comercializar verduras seleccionadas.
- Supermercados de cadena.
- Pequeño Intermediario, involucrado con pequeños volúmenes, comprados a mayoristas de Corabastos o traídos por los productores. Distribuyen a pequeños comerciantes.
- Pequeños comerciantes, intermedian pequeños volúmenes a otras plazas (lichigueros).
- Hoteles y comerciantes, puestos de fritanga, puestos de comida rápida y tiendas de barrio.

Por su parte, Largo *et al.*, (1997), analizaron la situación de comercialización en la ciudad de Tunja, encontrando los siguientes aspectos:

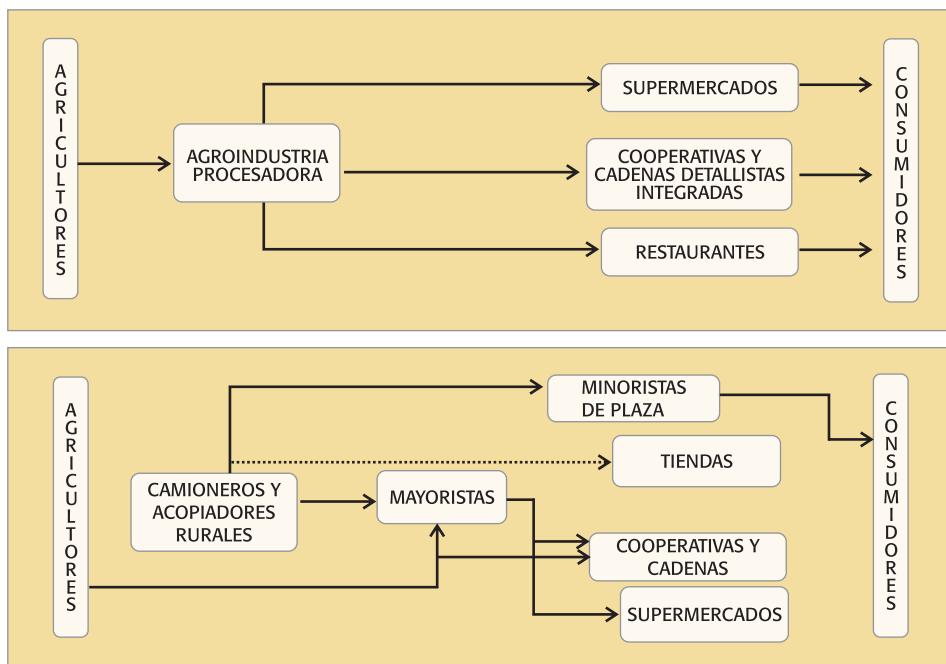
- Acopiador mayorista, abastece el mercado institucional, supermercados y tiendas de la ciudad, minoristas de la plaza de mercado y mayoristas de mercados terminales.
- Los minoristas de la plaza de mercado venden directamente a los consumidores, sin la utilización de los pesos exactos, vendiendo en puchos o canastas y la selección realizada solo consta de dos tamaños.

Según lo encontrado, propusieron un canal comercializador para papa criolla precocida, mostrado en la Figura No. 10, en la cual se planteó la supresión de los intermediarios, para fortalecer la agroindustria procesadora.

3.2 Destino de la producción y comercialización

Barrera (1994), determinó los flujos de papa criolla, teniendo en cuenta que las regiones productoras abastecen otras regiones no productoras.

Figura No. 10. Canal comercializador para papa criolla en la ciudad de Tunja (Boyacá)



Parte superior: Canal actual. Parte inferior: Propuesta para papa criolla precocida.

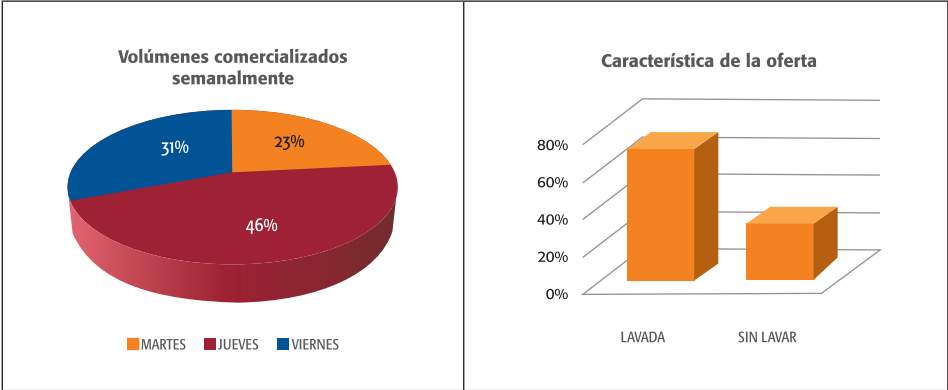
Fuente: Largo *et al.*, 1997

- El departamento de Nariño, distribuye el 90% de su producción en los Departamentos de Cauca, Valle, Risaralda, Quindío y Caldas con especial énfasis en el Departamento de Cauca.
- El departamento de Boyacá, distribuye a Cundinamarca, Casanare y Santander. El consumo al interior del departamento es importante y el flujo interno va desde las zonas productoras hasta centros urbanos como Tunja, Sogamoso y Duitama.
- El departamento de Cundinamarca, es el más importante dentro del movimiento nacional, debido a que la central mayorista más grande del país se encuentra en Bogotá D.C., el flujo originado desde esta zona cubre la mayor cantidad de departamentos, pero se destaca Antioquia, Bolívar, Magdalena, Atlántico, Tolima y Caquetá.

Amador y Ortega (1995), analizaron la oferta de papa criolla en el mercado regional de la ciudad de Tunja y establecieron que los volúmenes comercializados semanalmente fueron 81 toneladas aproximadamente distribuidas así: mercado del día martes 19 toneladas, jueves 37 toneladas y viernes 25 toneladas; las cuales, se

comercializan en 70% sin lavar y 30% lavadas. La Gráfica No. 1 permite observar este comportamiento.

Gráfica No.1. Volúmenes comercializados semanalmente en Tunja y característica de la oferta para la ciudad de Tunja



Fuente: Amador y Ortegón, (1995),

Según Ñustez (2001), en entrevista presentada a Redepapa, el análisis realizado para los diferentes destinos de papa criolla, plantea que para mercado en fresco es mejor ofrecer tubérculos con diámetro mayor a 4 cm, para mercado de papas precocidas congeladas se utilizan las de diámetro entre 2,5 y 3,5 cm y en mucho menor grado, diámetros entre 1 y 2 cm (llamada papa coctel) y para mercado de semillas tubérculos con diámetros entre 2 y 4 cm.

Para llevar a cabo el estudio de mercadeo para el lanzamiento de chips de papa criolla de la compañía Productos La Pastusita, Bacca *et al.* (2007), encuestaron una población de edades entre 10 a 25 años, estratos socioeconómicos uno, dos y tres, estudiantes de la ciudad de Pasto, donde se encontraba el mayor potencial de consumo de pasabocas adquiridos en tiendas escolares, de barrio y supermercados. Encontraron que el 94.5% de los encuestados consumía papas fritas con un precio equivalente a \$500, con una frecuencia de consumo de tres veces por semana el 32.1% y una vez por semana el 30.3%; este consumo se realiza a cualquier hora del día, en una actividad que implique descanso. A partir de este análisis, plantearon el uso de la papa criolla en forma de chips, encontraron que el 91.7% manifestaron gusto por el sabor de los pasabocas de papa criolla, prefirieron la presentación de 30 gramos (presentación mediana) y estarían dispuestos a pagar \$350. El 97.2% de los encuestados, afirmaron no conocer otro producto con las características de las criollas chips indicando que no había competencia para el producto estudiado.

El margen de comercialización es el porcentaje del precio de venta que se toma en cada fase de la cadena. Con este margen se cubre los gastos que se originan cuando el producto pasa de una fase a la siguiente, y debe permitir, una ganancia razonable a los actores que intervienen en la comercialización (SINAIPA, 2002).

Los agentes considerados de una ciudad a otra cambian, la distancia que debe recorrer el tubérculo desde el sitio de producción hasta el sitio de consumo, la variedad y la demanda influyen en la apropiación del margen entre agentes. La Tabla No.33 muestra el promedio de margen bruto de comercialización de papa fresca, obtenida por cada agente. No se encuentra datos independientes para papa criolla, se emplea por este motivo el modelo y la información para papa, en general.

Tabla No. 33. Margen bruto en la comercialización de papa, obtenido por agente

	ACOPIADOR REGIONAL %	MAYORISTA %	DETALLISTA %
Valle de Cauca	25.0	22.7	11.1
Atlántico		13.9	38.9
Bogotá	25.0	25.0	11.7
Santander		8.8	12.0
Antioquia	15.2	15.3	30.4
Eje Cafetero		8.3	36.8
Promedio Nacional	21.7	15.6	23.5

Fuente: SINAIPA, 2002

El SIPSA (2006) realizó un análisis de la comercialización de papa criolla en Pasto e Ipiales, teniendo en cuenta que reúnen la producción de gran parte de los municipios circunvecinos. La comercialización abarca tres categorías: en la primera, el productor es el mismo comercializador; en la segunda, el productor ofrece el tubérculo a un intermediario y éste último distribuye el producto a uno o varios mayoristas en otra central de abastos, y en la tercera, el comerciante mayorista compra el producto directamente en la finca. Dependiendo de la época de producción y del mercado, los diferentes agentes asumen diferentes costos. Los resultados se resumen en la Tabla No. 34.

Tabla No. 34. Participación porcentual de los costos de comercialización de la papa criolla en los municipios de Ipiales y Pasto (Departamento de Nariño)

COMPONENTE	IPIALES (%)	PASTO (%)
PRECIO EN FINCA	66.82	69.50
TRANSPORTE	3.56	5.21
ALMACENAMIENTO	0.45	0.07
DESCARGUE	0.89	1.04
PÉRDIDAS	0.67	2.08
OTROS	27.61	22.09

Fuente: Sipsa, 2006

En el análisis realizado por Largo *et al.* (1997), en la ciudad de Tunja, determinaron los principales elementos que influían negativamente en la comercialización de la papa criolla, con los siguientes resultados:

- Dificultad en el almacenamiento, debido a la ausencia del periodo de reposo y a la susceptibilidad al verdeamiento por el color de piel; estos factores influyen negativamente sobre las características organolépticas.
- Desconocimiento de los valores nutritivos
- Ausencia de nuevas presentaciones y ninguna motivación al consumo.

Teniendo en cuenta las anteriores razones, determinaron que la presentación del producto de papa criolla precocida, influye en su aceptación en el mercado dentro del canal propuesto. De igual manera, establecieron que la bolsa plástica cumplía con las funciones y requerimientos de protección sanitaria, protección contra pérdidas o asimilación de humedad, facilidad de apertura, impresión y manejo.

3.3 Consumo

Díaz y Baldomero (1982), caracterizaron el consumo de la papa fresca y procesada en el departamento de Boyacá, las variedades evaluadas incluyeron Parda Pastusa, Tuquerreña y el cultivar Yema de Huevo. La muestra incluyó 328 familias con los siguientes resultados:

- La papa en general, ocupa un lugar importante en la dieta alimenticia diaria para el consumidor boyacense; la papa criolla es un producto complementario en la alimentación y raras veces sustituye la papa negra (de año); aún cuando el 73.48% encuestado afirmaron consumirla. El consumo *per cápita* anual de papa criolla es de 22.17 kg, el cual resulta muy bajo frente a papa negra, el cual era 129.7 kg *per cápita* año.
- El principal factor para determinar la calidad de la papa es el sabor, el cual agrupa cualidades tales como grado de conservación, cantidad de agua, duración de la cocción y color; la preferencia en el momento de consumo era a la hora del almuerzo (93.77%); la forma de preparación de mayor aceptación era frita (80.91%), sopa (39%), ajiaco (20.75%) y otras preparaciones (24.6%).
- El hábito de consumo en poblaciones pequeñas, rurales o productoras, se realizaba a más temprana edad, con respecto a los habitantes de las grandes ciudades, influyendo sobre la motivación del consumo donde el 79.88% de consumidores refirió necesidad y solo el 9.15% valor nutritivo.
- El lugar preferido para la compra era las plazas de mercado (77.18%) por su facilidad para la selección en virtud de la oferta, precio y calidad; la adquisición en supermercados representaba el 18.67% y el 4.15% de los encuestados la cultivaban y consumían su propio cultivo. Es importante resaltar que el consumo en este sector no es mayor al promedio general.

En el año 1994, sin embargo, el informe de gestión del convenio CORPOCEBADA – FEDEPAPA, reportó que la demanda nacional equivalía al 85% de la producción bruta (95.050 ton), con un consumo *per cápita* nacional de 2.85 kg/año.

En 1995, Amador y Ortegón, encontraron que la demanda a nivel nacional para papa fresca, (aproximadamente 120.000 ton) era consumida en un 80% en las zonas productoras, mientras el 20% restante era destinado a centros de consumo focalizados en las ciudades de Bogotá D.C., Popayán, Cali, Pereira, Tunja, Florencia, Barranquilla, Cartagena, Santa Marta, Ibagué y Armenia. La demanda en fresco estaba constituida por supermercados de cadena, mercadeando los tubérculos directamente o por concesión; tiendas de barrio, pequeños locales caracterizados por desarrollar un comercio al detal; hoteles y restaurantes, cumpliendo la función de intermediarios y consumidores finales; amas de casa, consumidores finales. La papa criolla procesada encontraba una demanda potencial dentro de estratos socioeconómicos medios y altos, debido a que es un producto que requiere altos costos en sus etapas de procesamiento y solo un pequeño porcentaje sirve para procesar.

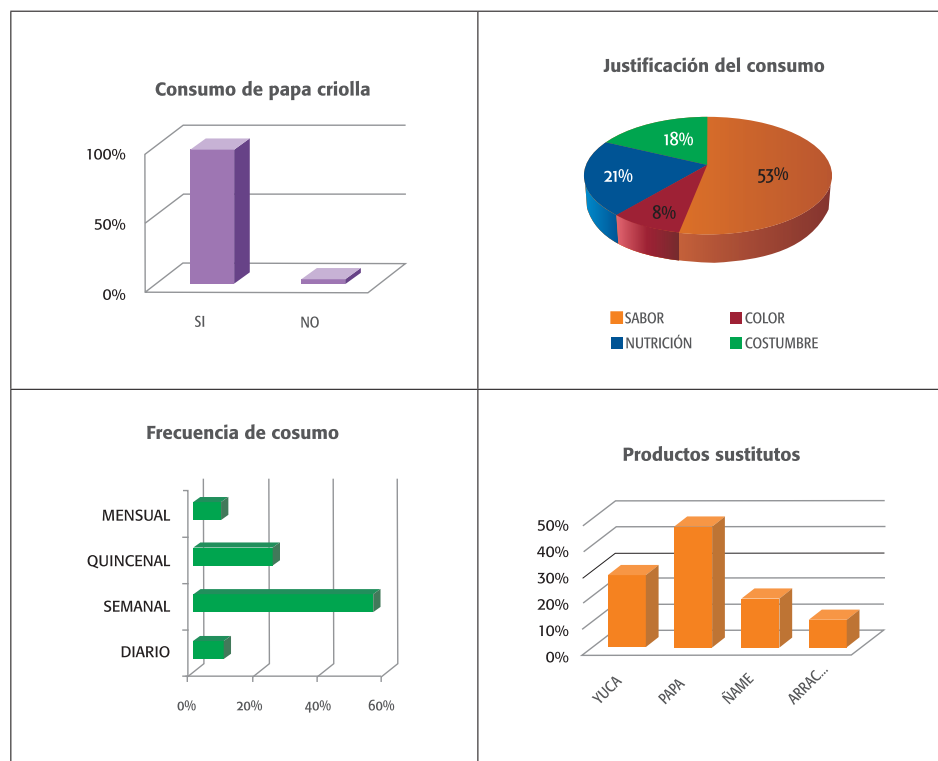
Vanegas y Rodríguez (1996), evaluaron el consumo general en restaurantes y puntos de comida rápida en Bogotá D.C. Después de evaluar 100 establecimientos encontraron que en el 55% de los casos dentro del menú, no se ofrecía papa criolla, porque no era solicitada por los clientes y no era concebida como un buen acompañamiento para las especialidades ofrecidas; la papa criolla se ubicó dentro del grupo de comidas típicas, picadas y para preparación de sopas y harinas para hacer empanadas y croquetas. Adicionalmente, este estudio realizó un análisis de la aceptación de papa criolla entera y presentación francesa ó tiras, con cáscara y sin cáscara; encontraron que la papa criolla entera es de mayor aceptación, la papa criolla en presentación francesa con cáscara no fue aceptada por los consumidores, frente a la papa francesa sin cáscara; los aspectos deficientes que encontraron fueron relacionados con empaque, almacenamiento y oferta.

Vasco y López (1996), realizaron una investigación de mercado en papa criolla precocida congelada para hogares, empleando una encuesta aplicada a amas de casa estrato 4, 5 y 6, localizados en Bogotá D.C.; encontraron que el 97% de la población consumía papa criolla, por sabor y nutrición, en frecuencia semanal, prefiriendo el tamaño pequeño. Encontraron además relación de sustitución con productos de papa en general, seguido por yuca. Frente a las posibilidades de la papa criolla precocida congelada encontraron que el tamaño pequeño (sin especificar diámetro) tendría mayor aceptación (69%) y el empaque ideal sería bolsa plástica con un peso probable de 500 g. En la Gráfica No. 2 se muestran las principales tendencias para papa criolla y para papa precocida congelada encontradas.

Las preparaciones con papa criolla, son diversas y variadas, gracias a su versatilidad y excelente calidad culinaria; en ellas se distinguen diferentes recetas de fácil preparación (Fedepapa, s.f.; Fedepapa, 2008).

- Sopas y cremas
- Tortas, tortillas y pasabocas
- Rollos y pasteles
- Papa criolla acompañada de carnes, vegetales y salsas
- Ajiaco, sopa típica del altiplano cundiboyacense, en la cual se mezclan tres variedades de papa entre ellas papa criolla, con mazorca, arveja, pollo y guascas.
- Croquetas de papa criolla, acompañamiento dulce.
- Empanadas con papa criolla.

Gráfica No. 2. Principales tendencias de consumo de papa criolla en Bogotá, D.C.



4. Comercio Exterior

Las exportaciones colombianas de papa amarilla (papa criolla) se realizan bajo la partida arancelaria que cubre el conjunto de las papas procesadas, dado que no tiene una partida propia. Por este motivo, en esta sección se analiza el comportamiento de las exportaciones de papa congelada y papa congelada preparada.

- Nombre comercial en Colombia: Papa criolla
- Clasificación arancelaria en Colombia: 20.04.10.00.00.

El acceso a los mercados incluye las regulaciones de aduana y tarifas, normas de agricultura y requerimientos de empaque. Los principales destinos de exportaciones de papa preparada congelada son: Japón, España, Estados Unidos y Rusia.

En mayo de 1996, el MADR publicó el documento Apuesta Exportadora Agropecuaria; en el grupo de potenciales exportables se ubicaba la papa amarilla (papa criolla). La regionalización de la papa amarilla identificó los departamentos de Antioquia, Caldas, Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Cauca como los departamentos con potencial productivo para exportación (SAC, 2006).

4.1 Destino de las exportaciones

Estados Unidos

- Nombre comercial en Estados Unidos: Yellow potatoe.
- Clasificación arancelaria de entrada en Estados Unidos: 20.04.10.10.00

Las regulaciones generales para ingresar a Estados Unidos se encuentran en el documento "Requisitos y prácticas comerciales para el acceso al mercado de Estados Unidos". Según las regulaciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), la papa fresca procedente de Colombia no está permitida de acuerdo con la ley CFR319.56. La papa procesada, congelada, enlatada ó tipo papitas (chips), están permitidas bajo las leyes de comida procesada de Estados Unidos y puede entrar libre de impuestos bajo la ley de Preferencias Andinas (ATPA y posteriormente APTDEA, vigente hasta el 31 de diciembre de 2009). Se solicita que cumpla con el tratamiento congelado IQF a temperaturas bajo 0°C, seguido de un almacenamiento y manejo a temperaturas no mayores a 20°F al momento de arribo.

Todos los productos de papa procesada incluyendo las papitas, papas a la francesa, congeladas y papas envasadas ó enlatadas necesitan cumplir con las leyes estadounidenses, las cuales exigen cumplir con la normativa de la Food and Drug Administration (FDA) en cuanto a pureza, identidad y estándares de producción (Good Manufacturing Standards), cumplimiento con el procedimiento de notificación y entrada establecido por FDA y etiqueta general y, etiqueta nutricional.

Las papas enlatadas de baja acidez, son alimentos procesados a altas temperaturas, pH superior a 4.6, para lo cual, los productores deben cumplir con las regulaciones de Low-Acid Canned Food and Acidified Foods; la cual, indica los parámetros para certificar las fábricas. Adicionalmente, cada proceso de producción de alimentos enlatados de baja acidez y de alimentos acidificados, debe ser sometido ante la FDA para aprobar el registro de importación.

La papa criolla colombiana se comercializa principalmente en presentación de envase de vidrio de 28 onzas ó congelada en bolsas de 14 onzas y 397 gramos. En el año 2008, Colombia registró exportaciones de papa amarilla por un valor de US\$141.600. Las importaciones de papa procesada desde América Latina no son competitivas en relación con la producción y costos de Estados Unidos, exceptuando el caso de tipos de papa especiales como la papa criolla colombiana, catalogada como tipo étnico (Agrocadenas, s.f.). Los principales distritos portuarios de ingreso de papa procedente de América del Sur son Miami y Nueva York, convirtiéndose en mercado objetivo (CCI, 2006).

En la cadena Winn Dixie en Miami, ofrece a sus clientes papa criolla congelada en bolsa de 397 gramos marca La Fe, papa criolla en conserva envasada en frasco de vidrio de 28 onzas marca D'Mi Tierra y Doña Paula. En Los Ángeles, se encontró papa criolla procesada en la cadena Corona, en presentación congelada y en conserva en frasco de 100 gramos, ambas presentaciones marca La Nuestra. Las diferentes presentaciones de papa amarilla o criolla, que tienen presencia en los puntos de venta de las cadenas de supermercados que se monitorean son de procedencia colombiana. En la Tabla No. 35 se relacionan los precios de cada una.

Tabla No. 35. Papa Amarilla (criolla), Precios quincenales al consumidor cotizados en supermercados de Los Ángeles y Miami durante el mes de mayo 2006

PRESENTACION	ORIGEN	MERCADO	Mayo 5 U\$ por unidad cotizada	Mayo 19 U\$ por unidad cotizada	MARCA	CADENA
Congelada bolsa x 14 Oz.	Colombia	Miami	1,89	1,99	La Fe	Sedanos
Congelada bolsa x 397 g	Colombia	Miami	2,19	2,19	La Fe	Winn Dixie
Conserva frasco x 28 Oz	Colombia	Miami	2,69	2,79	D'Mi Tierra	Winn Dixie
Conserva frasco x 28 Oz	Colombia	Miami	2,69	2,79	Doña Paula	Winn Dixie
Congelada	Colombia	Los Ángeles	3,79	3,79	La Nuestra	Corona SM
Conserva o encurtida frasco x 100 g	Colombia	Los Ángeles	3,49	3,49	La Nuestra	Corona SM

Fuente: CCI, 2006

Japón

Colombia pertenece al Sistema Generalizado de Preferencias (SGP) de Japón, de acuerdo con el cual otorga reducciones arancelarias, incluyendo exención de derechos de aduana o Arancel Cero (0) para la exportación de frutas y vegetales frescos y procesados. El SGP de Japón tiene como objetivo promover la industrialización y alentar el crecimiento de los países en desarrollo, mediante la reducción de aranceles sobre sus importaciones, con vigencia hasta el 31 de marzo de 2011. Cabe anotar que,

cuando Japón considere que el otorgamiento de aranceles preferenciales constituye una amenaza para las industrias agrícola, forestal y pesquera locales, podrá suspender el arancel preferencial para dichos productos (CCI, 1999).

El arancel promedio aritmético es de 11.9% (máximo de 397.3%) para hortalizas, raíces y tubérculos, 7.8% (máximo de 24%) para frutas y frutos comestibles y 17% (máximo de 46.8%) para hortalizas y frutas procesadas.

Las restricciones de tipo fitosanitario constituyen la principal barrera de acceso a este mercado, a tal punto que no se aceptan productos originarios de países donde existan plagas que representen una amenaza para la producción local, tales como la Mosca del Mediterráneo, Mosca Oriental de la fruta, la Mosca de Queensland, la Palomilla de la Manzana, el Gorgojo de la Papa dulce, el Minador de la enredadera de la Papa dulce, la verruga de la Papa, la Catarina de la Papa, el Nematodo Cístico de la Papa, el Nematodo barrenador de Cítricos, la Mosca Nociva del trigo, *Trichochinis caudata* y *Bakansia oryzae*, raíces y plantas con partículas de suelo adheridas y plantas reglamentadas por el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca (CCI, 1999).

Por lo anterior, los proveedores de estos productos son pocos y, en muchos casos, más del 90% de un determinado producto viene de un solo país. Así mismo, las posibilidades de exportar a este país, dadas las rigurosas restricciones de tipo fitosanitario existentes, dependen de que los productos no estén sujetos a restricciones o de que se desarrolle el correspondiente protocolo de tratamiento cuarentenario y éste sea aprobado por el gobierno japonés.

Fajardo y Díaz (2002), realizaron un estudio de factibilidad para la exportación de papa criolla para el mercado japonés; establecieron la ruta logística de transporte marítima desde el puerto de Buenaventura hasta el puerto Yokohama en Japón, en contenedor refrigerado con un costo total (valor FOB) \$1261/kg; este costo incluía los costos directos y los derivados del mismo ejercicio (certificados, impuestos e inspecciones).

Unión Europea

Colombia pertenece al grupo de 20 países que exportan frutas y hortalizas (incluyendo tubérculos) que aportan en conjunto el 86% del valor importado por la Comunidad Europea. Desde Colombia se exportan bananos, plátanos y una diversidad de productos exóticos tropicales de baja cuantía individual pero de un peso conjunto significativo.

Por último, en el mercado de Estados Unidos, Canadá, Japón y la Unión Europea, los productos frescos deben cumplir requisitos fitosanitarios muy estrictos; la papa criolla está catalogada como No Admisible como tubérculo en estado fresco. Las normas fitosanitarias de los principales países a los cuales Colombia exporta papa criolla, se resumen en la Tabla No. 36.

Tabla No. 36. Requisito fitosanitario para el acceso, comercio interno y externo de algunos países.

MERCADO	REQUERIMIENTO FITOSANITARIO	NORMAS	DISPOSICIONES DE INGRESO
ESTADOS UNIDOS	<p>Importada bajo la expedición de permiso fitosanitario, expedido por el organismo de protección vegetal, en donde se indican las condiciones y puertos de ingreso.</p> <p>Condiciones para la expedición del permiso: lo expide el departamento de agricultura después de revisar los siguientes requisitos :</p> <p>1) No es atacada en el país de origen por insectos dañinos, incluyendo moscas de las frutas y del melón.</p> <p>2) Ha sido tratada o es tratada contra los insectos dañinos que la atacan en el país de origen, de acuerdo con los procedimientos que pueden ser prescritos por él.</p> <p>3) Dentro de los últimos 12 meses el servicio de protección de plantas del país de origen tiene establecida la ausencia de infestaciones de insectos dañinos que se conozca que ataca frutas y verduras, dentro de un área definida o distrito basado en reconocimientos.</p>	CFR. 319-56-2 (e) 319.56-2(f)	<p>Disposición de congreso Act of congress, agosto 20 de 1912 (37 stat 315,7 U.S.C 151-167).</p> <p>Código de regulaciones federales (code of federal regulations), (VFR), Agriculture 7.1955. Subtitle B Regulations of Department of Agriculture. Chapter/11- Animal and plant health. Inspection service. Department of agric. Part 319- Foreign Quarantines notices. Subpart fruit and vegetables.</p> <p>FDA: Sistemas HACCP, BPM, BPA, ISO 9000</p> <p>Ley de Bioterrorismo</p>
UNION EUROPEA	<p>Los Estados Miembros prohibirán la introducción a las zonas protegidas de los organismos dañinos cuya introducción y distribución dentro de ciertas zonas protegidas debe ser prohibida, insectos, ácaros, y nematodos en todos sus estados de desarrollo. Los estados miembros deberán regular la introducción a lo menos en lo que respecta a introducción a otros Estados Miembros, de plantas y otros productos.</p>		<p>Admitida con el cumplimiento de requisitos fitosanitarios, cada país de acuerdo con su legislación.</p> <p>Directiva del congreso 77/93/LEE del 21 de diciembre de1976 medidas de protección contra la introducción a la comunidad de organismos dañinos a las plantas o productos de plantas y contra su dispersión dentro de la comunidad.</p>

Continúa...

MERCADO	REQUERIMIENTO FITOSANITARIO	NORMAS	DISPOSICIONES DE INGRESO
VENEZUELA	<p>Permiso fitosanitario para la importación (introducción) de vegetales (frutas, hortalizas), sus productos y subproductos se requiere la obtención previa de un permiso fitosanitario. El permiso fitosanitario se puede obtener en las oficinas del organismo de protección vegetal.</p> <p>Certificado fitosanitario: toda importación de vegetales, sus productos y subproductos deben ingresar al país acompañado del certificado fitosanitario oficial. expedido de acuerdo con las disposiciones de la convención internacional de protección fitosanitaria (CIPF)</p> <p>Tramite del certificado fitosanitario: el certificado debe solicitarse en cualquiera de las oficinas de inspección y cuarentena vegetal del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), ubicados en los puertos, aeropuertos y pasos fronterizos, autorizados para el comercio internacional.</p> <p>Requisito específico: los tubérculos deben llegar libres de tierra y materia orgánica.</p> <p>Condiciones del producto: debe llegar al país importador, limpio y libre de cualquier material extraño.</p> <p>Inspección del lugar de ingreso: requerida</p> <p>Tratamiento fitosanitario: en caso necesario</p>	<p>Resolución 459, artículo 1, Ministerio de Agricultura.</p> <p>Resolución 459, artículo 2 Ministerio de Agricultura.</p> <p>Resolución 431 artículo 1 JUNAC.</p> <p>Resolución 431, Artículo 71 JUNAC</p> <p>Resolución No. A6-378/60, artículo 8.</p>	<p>Permitida con el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios. Resolución # 459 del 11/11/1981 del Ministerio de Agricultura y cría. "Por la cual se establecen requisitos para la importación de vegetales, sus productos y subproductos".</p>

Continúa...

MERCADO	REQUERIMIENTO FITOSANITARIO	NORMAS	DISPOSICIONES DE INGRESO
PERU	<p>Permiso fitosanitario: para la importación (introducción) de vegetales (frutas, hortalizas), sus productos y subproductos se requiere la obtención previa de un permiso fitosanitario. El permiso fitosanitario, puede obtenerse en las oficinas del organismo de protección vegetal.</p> <p>Certificado fitosanitario: toda importación de vegetales, sus productos y subproductos deben ingresar al país acompañada de certificado oficial, expedido de acuerdo con las disposiciones de la convención internacional de protección fitosanitarias (CIPF).</p> <p>Tramite de certificado fitosanitario: el certificado fitosanitario debe solicitarse a cualquiera de las oficinas de inspección y cuarentena vegetal del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), ubicados en los puertos, aeropuertos y pasos fronterizos, autorizados para el comercio internacional.</p> <p>Requisito específico: los tubérculos deben llegar libres de tierra y materia orgánica.</p> <p>Condiciones del producto: debe llegar Al país importador limpio y libre de cualquier material extraño.</p> <p>Inspección en el lugar de ingreso: requerida.</p> <p>Tratamiento fitosanitario: en caso necesario.</p>	<p>Resolución Ministerio, No 0283/96 A6</p> <p>Decreto Supremo 016/76 Artículo 3,4 y 5.</p> <p>Decreto Supremo 016/76 Artículo 9.</p> <p>Resolución 431 artículo 1, JUNAC</p> <p>Decreto Supremo 016/76 Artículo 10 y 14.</p>	<p>Prohibida temporalmente.</p> <p>Decreto supremo 016/76 del 25/70/76. Establece disposiciones para la protección vegetal.</p>
JAPON			<p>Es importante tener en cuenta, asimismo, que las posibilidades de exportar a este país, dadas las rigurosas restricciones de tipo fitosanitario existentes, dependen de que los productos no estén sujetos a restricciones o de que se desarrolle el correspondiente protocolo de tratamiento cuarentenario y éste sea aprobado por el gobierno japonés.</p>

Fuente: <http://www.antioquia.gov.co/organismos/agricultura/papa/cadena%20papa/INTELIGENCIA%20DE%20MERCADOS.pdf>

Cada país genera una medida arancelaria propia basada en la reglamentación de la Organización Mundial de Comercio (OMC). Para el mercado actual de papa amarilla (HS 200410), las medidas arancelarias por los principales países importadores son:

ESTADOS UNIDOS						
HEADING / SUBHEADING	DESCRIPCION		U	GENERAL	SPECIAL	2
2004.10.40	Yellow (Solano) potatoes – Papa Amarilla		Kg	6.4%	Free (A, CA, E, IL, J, JO, MX) 3.2%(CL, SG) 4.8% (AU)	35%

JAPON						
Código HS	SS	NACCS	UNIDAD	DESCRIPCION	GENERAL	OMC 1
200410	100	2	Kg	Cocinada sin otra preparación	0.1%	8.5 %

UNION EUROPEA			
CAPITULO	PARTIDA	DESCRIPCION	THIRD COUNTRY
07	07101000	Papas cocinadas o sin cocinar, cocidas al vapor o hirviendo en agua, congeladas.	14.4%

4.2 Volúmenes exportados

La información de CCI (2006), no está discriminada para papa criolla, debido a que no existe una posición arancelaria específica para papa amarilla procesada; por este factor, los datos presentados corresponden a papa procesada en general, donde está incluido los despachos de papa amarilla. La papa congelada sin preparar que exporta Colombia se dirige principalmente al mercado estadounidense; la papa congelada preparada tiene como principal destino Japón y España, el diferencial de precios entre estos dos mercados obedece principalmente a los costos de transporte en los que se incurre para llevar el producto a estos mercados. La Tabla No. 37 presenta la distribución por valor y volumen de las exportaciones por país de destino para papa congelada sin preparar y papa congelada preparada.

Colombia es el primer país abastecedor de papa amarilla preparada congelada en el mercado de Estados Unidos, seguido por Perú y Brasil. En el año 2008, Colombia participó en el 93% en el total, cuando en 2005, esta participación era de apenas 76%. Los valores de las importaciones estadounidenses de papa amarilla preparada congelada, para la categoría HTS 200410, se presentan en la Tabla No. 38.

La papa amarilla preparada congelada es un producto dirigido a nichos específicos de mercado, en el cual se destaca la población hispana conocedora de las características de color, sabor, y formas de preparación. Existe una tendencia de incrementarse las importaciones en los meses de agosto a diciembre, coincidiendo con la época de invierno cuando escasean muchos productos. En la gráfica No. 3, se observa la tendencia de importaciones de papa amarilla congelada, para los años 2001 a 2006.

Tabla No. 37. Comparación de la distribución de papa congelada por país de destino, 2005

AÑO 2005	PAPA CONGELADA SIN PREPARAR		PAPA PREPARADA CONGELADA	
	MILES US\$FOB	TONELADAS	MILES US\$FOB	TONELADAS
PAIS DESTINO				
ESTADOS UNIDOS	589	313	59	34
JAPON	63	32	369	185
ESPAÑA (Excl. Islas Canarias)	36	20	14	12
REINO UNIDO	28	10		
RUSIA			16	9
CANADA	2	1		
CHILE			20	18
PUERTO RICO	2	2		
ARUBA	1	1		

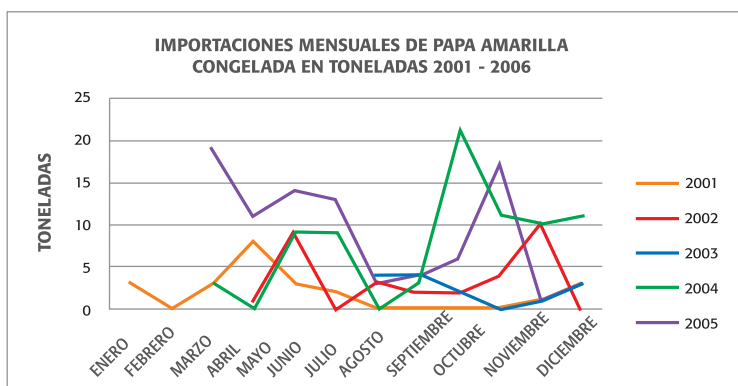
Fuente: CCI, 2006

Tabla No. 38. Valores de las importaciones estadounidenses para papa amarilla preparada congelada por país de origen HTS 200410

Miles de Dolares CIF				
	TOTAL 2004	TOTAL 2005	TOTAL 2007	TOTAL 2008
COLOMBIA	81	153	156	141
PERU	21	46	25	11
BRASIL		2	0	0
ECUADOR			2.3	0

Fuente: CCI, 2006; USITC, 2009

Gráfica No. 3. . Importaciones mensuales de papa amarilla congelada en toneladas, mercado Estados Unidos, años 2001 y 2006



Fuente: CCI, 2006

4.3 Factores críticos

La papa criolla tiene grandes oportunidades de ser exportada en forma procesada y empacada en envases de hojalata. El principal mercado potencial es el japonés, según reportes de PROEXPORT; en los últimos años se han realizado pequeñas exportaciones a ese país con resultados promisorios y el producto cada día es más apreciado. Sin embargo, las cantidades exportadas no han sido significativas y no abastecen la demanda del producto; además, los envíos no han sido constantes debido principalmente a la continuidad en la oferta interna de materia prima y calidad de la misma.

La demanda internacional de papa criolla es alta; los volúmenes a ser exportados, se estiman en cientos de toneladas del producto enlatado por semestre y el tamaño de los tubérculos exigidos para este fin se encuentra solamente entre el 10 y el 20% de la producción actual. Existen otros países interesados en el producto como Estados Unidos, México y Venezuela.

Por otro lado el producto tiene poca competencia a nivel mundial. La papa amarilla exportada por Perú corresponde a una variedad nativa diploide, de tubérculos redondos, pulpa amarilla intensa, denominada Tumbay ó Amarilla Tumbay, sembrada en alturas de 3000 a 3800 msnm, de tuberización tardía y lenta, con periodo vegetativo de 150 a 170 días; anteriormente clasificada como *S. goniocalyx*, que pertenece actualmente al Grupo Morfológico Stenotomum de *S. tuberosum* (SENASA, 2007).

Ecuador se ubica como productor potencial de papa criolla, pero las únicas exportaciones detectadas en este país son las que realiza hacia Colombia, pues su nivel de oferta es muy variable y estacionario. En 2007 exportó a Estados Unidos US\$ 2.300.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo de la recopilación de la información, dispersa a lo largo de las principales zonas productoras del tubérculo, se encontraron 188 referencias bibliográficas que abarcan cerca de 35 años de investigación en papa criolla en los cuatro temas en que se organizó el libro. Los documentos publicados que presentaban el suficiente soporte técnico fueron tenidos en cuenta, en tanto que un buen número de reportes, se descartaron por carecer del rigor científico.

Cerca del 70% de las publicaciones del país está concentrada en la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá), la Federación Colombiana de Productores de Papa y CORPOICA; las demás Universidades y centros de investigación, han avanzado en algunos temas puntuales pero se adolece, en general, de una clara directriz de investigación y desarrollo de nuevos productos en papa criolla. En número de publicaciones, sobresalen los temas de manejo agronómico, fitomejoramiento y procesamiento; de otra parte, se presentan muy pocos estudios de orden socio-económico, valor nutricional e impacto ambiental generado por el cultivo.

Conforme a los resultados publicados en artículos científicos, tesis de grado, libros especializados, estudios de caso, ponencias, seminarios, talleres y otros medios de divulgación, se evidenció una marcada influencia de medio ambiente sobre el genotipo, que se traduce en diversas respuestas en rendimiento del cultivar Yema de Huevo Clon Uno a diversos tratamientos en fertilización, ajuste en distancias de siembra y arreglos espaciales, en las localidades estudiadas. Por lo tanto, es necesario adelantar ajustes regionales de las tecnologías estudiadas, con el fin de mejorar la competitividad del cultivo y la calidad del producto cosechado.

Si bien es cierto, existe consenso en los beneficios del uso de semilla de excelente calidad y las ventajas técnicas y económicas de un cultivo de ciclo corto, se puede afirmar que aún no existe un criterio técnico consolidado frente al manejo agronómico de la papa criolla y sobre las estrategias para enfrentar condiciones del ambiente que afectan el desarrollo de las plantas y la calidad final del tubérculo de papa amarilla colombiana. Al mismo tiempo, no hay de un reporte confiable de recomendaciones para los temas de manejo fitosanitario, fertilización balanceada, labores culturales o de manejo poscosecha del tubérculo con lo que, adicionalmente, se elevan injustificadamente los costos de producción.

El tema de mayor interés desarrollado por parte de los investigadores se ha centrado en el mejoramiento genético, buscando materiales superiores en rendimiento agronómico, calidad culinaria e industrial, aumento en el periodo de reposo del tubérculo y tolerancia a enfermedades, frente al cultivar diploide tradicional Yema de Huevo Clon Uno. Esta investigación ha sido exitosa desde el inicio de las actividades a mediados de la década de 1990 cuando se seleccionó el Clon Uno y alcanzó su punto más alto con el registro oficial y la entrega a los agricultores de cuatro nuevas variedades,

junto a la variedad Criolla Colombia: Criolla Latina, Criolla Paisa, Criolla Galeras y Criolla Guaneña.

La gran riqueza genética de la papa criolla, en sus diferentes niveles de ploidía, es uno de los principales recursos con que cuenta el país para la generación de nuevas variedades con tolerancia a enfermedades, mayor valor nutricional, aptitud para proceso y consumo fresco directo, así como la posibilidad de explotar su precocidad, en beneficio de toda la cadena papa.

También se encontró información suficiente y aplicable sobre el tema de procesamiento industrial, buscando la transformación de la papa criolla en productos que brindan la oportunidad de romper con los fenómenos de altas fluctuaciones de precio en el mercado y así generar nuevas alternativas de presentación en harinas, preformados, almidones, papa en bastones y papa criolla precocida congelada, de mayor vida útil, con destino a la alimentación de humanos.

La demanda de tamaños específicos y una exigente selección por parte de los mercados internacionales, sumado a la insuficiente oferta de producto y a los costos de la red de frío, son los factores que más han limitado el crecimiento y la consolidación de la actividad exportadora de papa criolla procesada. Sin embargo, todo esfuerzo encaminado a mejorar la competitividad de ésta industria permitirá el reconocimiento en el mundo de un producto excepcional.

Algunos aspectos técnicos ya se han comenzado a superar: El desarrollo de materiales apropiados aptos para los diferentes procesos y usos, la ampliación del periodo de reposo del tubérculo a través de la entrega de nuevas variedades como respuesta a la corta vida útil poscosecha del tubérculo y la producción de semilla certificada de la variedad Yema de Huevo. Sin embargo, ante las expectativas de exportación, la producción local puede llegar a superar la demanda y generar precios bajos para lo cual, el procesamiento se constituye en la mejor posibilidad de regular la oferta y generar productos modernos para el consumo nacional.

Esperamos que presente recopilación permita a la Cadena Agroalimentaria de la Papa avanzar en conocimientos útiles, con base en una investigación sistemática, ordenada, coherente y priorizada con suficientes recursos, que garanticen la producción sostenible de uno de los recursos genéticos privilegiados que hace parte de la cultura colombiana y de la Apuesta Exportadora Nacional: La Papa Criolla.

BIBLIOGRAFIA

1. ACEVEDO JOHAN. 2005. Tres nuevas variedades de criolla para Colombia. Revista Noticyt – Boletín electrónico. Enero 2005.
2. ALVARADO LUIS F., CLAUDIA SALAZAR y STELLA CUASPA. (2001). Efecto del tamaño del tubérculo, la distancia de siembra y condiciones ambientales sobre el tamaño final del tubérculo de *Solanum phureja* en el Departamento de Nariño. Informe Técnico preparado por CORPANAR para Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa (CEVIPAPA). 27 p.
3. AMADOR MARIA y ARTURO ORTEGON. 1995. Estudio de factibilidad para el montaje de una planta procesadora de papa criolla en la ciudad de Tunja. Trabajo de Grado Mercadotecnista Industrial. Instituto de Educación Abierta y a Distancia. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 49 p.
4. ANDRADE OLGA DEL PILAR. 1998. Evaluación del efecto de dos acondicionadores orgánicos con diferentes dosis de fertilización química, sobre las propiedades fisicoquímica en la serie Marengo (Andic Acuic Humitropept) en el cultivo de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk). Trabajo de Grado Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 61 p.
5. ANGARITA DENNIS y RAUL BARAJAS. 1996. Control microbiológico de la Polilla Guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) en el municipio de Ventaquemada Boyacá. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 59 p.
6. ARIAS VICTORIA y BUSTOS PATRICIA. 1996. Evaluación de parámetros de rendimiento y algunos aspectos fisiológicos en papa criolla *Solanum phureja* (Juz et Buk) bajo diferentes densidades de siembra en la Sabana de Bogotá. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 49 p.
7. ARIAS VICTORIA, PATRICIA BUSTOS y CARLOS ÑUSTEZ. 1996. Respuesta del rendimiento de la papa “criolla” (*Solanum phureja* Juz. et Buk) variedad Yema de Huevo a diferentes densidades de siembra en la Sabana de Bogotá. En: Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla “Yema de Huevo” *Solanum phureja*. Revista Papa. Federación Colombiana de productores de papa. Bogotá. pp. 15
8. ARCINIEGAS BASANTE NANCY. 2003. Técnicas de diagnostico, evaluación y resistencia al virus del amarillamiento de las nervaduras de la papa (PVV) en accesiones de la Colección Central Colombiana de *Solanum phureja*. Trabajo de Grado Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 129 p.
9. ARGÜELLO GABRIEL. 1994. Proyecto Producción y Utilización de Papa Criolla “Yema de Huevo” (*Solanum phureja*). Revista Papa. No. 10. Federación Colombiana de Productores de Papa. pp 4 – 5.

10. ARGÜELLO MONICA, 2006. Extracción y caracterización del almidón de papa criolla. Trabajo de Grado Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Programa Interfacultades. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 44 p.
11. AVILA OLGA y DIANA RODRIGUEZ. 2000. Respuesta de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et Buk) variedad Yema de Huevo a la aplicación de fuentes y dosis de boro en un Typic Dystrudept de Cundinamarca. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá D.C. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 78 p.
12. BACCA CARLOS, ELIANA BELALCAZAR, DIEGO IPIALES y DAMARIS NARVAEZ. 2007. Investigación de mercados para el lanzamiento de chips de papa criolla de la empresa Productos La Pastusita. Trabajo de Grado Especialización en Gerencia de Mercadeo. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño – Universidad Jorge Tadeo Lozano. 79 p.
13. BARON ORLANDO, JUANCARLOS VARGAS, LUIS E. RODRIGUEZ y CARLOS ÑUSTEZ. 2000. Evaluación preliminar de rendimiento para 21 clones de papa proveniente de hibridación interespecífica. Trabajo de Grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia. 41 p.
14. BARRERA OMAR. 1994. Mercadeo interno de la papa criolla. Revista Papa No. 10. Federación Colombiana de Productores de Papa. pp. 19 – 27.
15. BARRERA – FARFAN IVAN y ALEJANDRO CHAPARRO. 2008. Expresión GUS en explantes de *Solanum phureja* (Juz et Buk) var. Criolla Colombia, transformados con *Agrobacterium tumefaciens*. Acta biol. Colomb., Vol 13 (1): 119 – 130.
16. BECERRA- SANABRIA L., SONIA NAVIA-de MOSQUERA y CARLOS ÑUSTEZ LOPEZ. 2007. Efecto de niveles de Fósforo y Potasio sobre el rendimiento del cultivar Criolla Guaneña, en el departamento de Nariño. Revista Latinoamericana de la Papa. Vol 14 (1): 51 – 60.
17. BELLO LUZ HELENA y NELSON PINZON. 1997. Evaluación del efecto del tamaño de tubérculo semilla sobre el rendimiento en papa criolla, variedad Yema de Huevo *Solanum phureja* (Juz et Buk). Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 68 p.
18. BOHORQUEZ ANGELA y HARVEY PARADA. 2001. Manejo de las poblaciones de malezas con herbicidas posemergentes y labores manuales en el cultivo de la papa en la Sabana de Bogotá. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 34 p.
19. BUITRAGO GERMAN, ALFONSO LOPEZ, ALFONSO CORONADO y FERNANDO OSORNO. 2004. Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Vol. 8 (1): 102-110.
20. BUSTOS XIMENA y JUAN ANTONIO MESA. 2001. Evaluación del efecto de diferentes densidades de población con aporque desde la siembra sobre la producción de papa criolla *Solanum phureja* (Juz et Buk). Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 28 p.

21. CABEZAS MARCO. 2002. Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla *Solanum phureja* (Juz et Buk) en tres localidades colombianas. Trabajo de Grado Maestría en Ciencias Agrarias. Escuela de Posgrados. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 95 p.
22. CABEZAS MARCO y GERMAN CORCHUELO. 2005. Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla *Solanum phureja* (Juz et Buk) en tres localidades colombianas. *Agronomía Colombiana* 23 (1):62-73
23. CADENA MARLENY, ALVARO NARANJO y CARLOS ÑUSTEZ. 2005. Evaluación de la respuesta de 60 genotipos de *Solanum phureja* (Juz et Buk) al ataque de la Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny). *Agronomía Colombiana*. Vol 23 (1):112 – 116.
24. CALDERON MARIA EUGENIA y MAYLING ROJAS. 1995. Diseño de proceso y especificación de equipos para la obtención de papa criolla precocida y congelada. Trabajo de Grado Ingeniera Química. Facultad de Ingeniería. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 122 p.
25. CALDERON MARIA EUGENIA. 1996. Industrialización de la papa criolla. En: Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla "Yema de Huevo" *Solanum phureja*. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. pp. 40 – 43.
26. CAÑON LUIS B. 1999. Rendimiento de papa criolla (*Solanum phureja*) y arveja (*Pisum sativum* L.) e incidencia y severidad del daño causado por la Polilla Guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) en dos sistemas de cultivo. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 78 p.
27. CARO FRED. 1982. Estudio preliminar sobre adaptación y respuesta agroeconómica de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) a la aplicación de dos fertilizantes en la Granja Tinguavita Paipa Boyacá. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 107 p.
28. CARTAGENA JOSE e IVAN LLANO. 1998. Termoterapia para la inactivación de virus en tubérculos de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) para semilla. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. 112 p.
29. CARVAJAL DIANA y ALEJANDRO CHAPARRO 2004. Estudios orientados a la transformación de papa criolla (*Solanum phureja*) mediada por *Agrobacterium tumefaciens*. *Acta Biológica Colombiana*. Vol 9. (2):71.
30. CARRASCO CARLOS y RAMON PINEDA. 1993. Papa criolla "Yema de Huevo" una multivariedad nativa. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. No. 7. Bogotá. pp. 14 - 19
31. CARRASCO CARLOS. 1994. Descripción de clones de papa criolla Yema de Huevo. (*Solanum phureja*) colectados en diferentes campos de cultivo. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. No. 10. pp. 6 - 13
32. CASTILLO GONZALO ERNESTO. 1997. Evaluación de la actividad insecticida de algunas plantas asociadas al cultivo de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) sobre *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidóptera: Gelechiidae) en condiciones

- de laboratorio. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 66 p.
33. CASTILLO GONZALO ERNESTO, EMILIO LUQUE y BARBARA MORENO. 1998. Evaluación en condiciones de laboratorio, de la actividad insecticida de extractos etanólicos de cinco especies de plantas sobre *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidóptera: Gelechiidae). Agronomía Colombiana Vol XV (1):34 – 40.
 34. CASTRO SAUL y JORGE RUIZ. 1972. Estudio de los azúcares y otros componentes químicos inmediatos en la papa criolla *Solanum phureja*. Trabajo de Grado Químico. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 121 p.
 35. CASTRO ANA BETTY y BLANCA VALBUENA. 1992. Evaluación de un suelo arcilloso mejorado con sulfato ferroso con base en un segundo cultivo papa (*Solanum phureja* Juz et) Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 94 p.
 36. CASTRO HUGO. 2005. Balance y prospectiva de la investigación en el campo de la fertilización para el sistema de la producción de papa en Colombia. Memorias: I Taller nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa. CEVIPAPA. Bogotá D.C. pp 42 – 53.
 37. CCI. 2007. Ficha de producto: Papa amarilla. Información monitoreo internacional. CORPORACION COLOMBIA INTERNACIONAL. MADR. Ubicado en URL: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2006719144753_Papapprocesadamayo.pdf
 38. CCI. 1999. Perfil de Mercado: Japón. CORPORACION COLOMBIA INTERNACIONAL. No. 2 Julio – Septiembre de 1999.
 39. CCI 2008. Precios de la papa criolla. http://www.cci.org.co/publicaciones/1_Dic-19-08%20Precios%20papa%20criolla.pdf
 40. COLLAZOS JUAN MANUEL y CARLOS MARTÍNEZ. (sf). Reacción de doce variedades comerciales de papa a la roya (*Puccinia pittieriana* Henn) en una zona de páramo en el Departamento de Nariño. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. 54 p.
 41. COLORADO FERNANDO. 2005. Eficiencia agronómica y económica de la fertilización en el cultivo de la papa. En: Memorias I Taller Nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa. CEVIPAPA. pp. 75 – 82.
 42. CORPOCEBADA – FEDEPAPA. 1994. Proyecto para la producción, utilización y comercialización de papa criolla (*Solanum phureja*). Informe de Actividades Realizadas a Diciembre de 1994. Santa Fe de Bogotá, D.C. 172 p.
 43. CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA. 2004. Búsqueda de resistencia genética en la Colección Central Colombiana de Papa CCC a la Polilla Guatemalteca y evaluación de un material transgénico. Informe Técnico Final. Mosquera. 82 p.
 44. CORREALES LUIS y OMAR CURREA. 1995. Variables de fertilización y densidades de siembra que influyen en la producción de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) con calidad industrial. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad

- de Ciencias Agropecuarias. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 98 p.
45. CORREALES CELESTINO y LUISA FERNANDA SARMIENTO. 2004. Determinación del potencial de rendimiento y calidad industrial de frito en doce genotipos de papa criolla (*Solanum phureja*) en las localidades de Toca (Boyacá) y Subachoque (Cundinamarca). Trabajo de Grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ingeniería Agronómica. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 63 p
 46. COTES JOSE MIGUEL y CARLOS E. ÑUSTEZ. 2001. Evaluación de dos tipos de esquejes en la producción de semilla prebásica de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) variedad Yema de Huevo. Agronomía Colombiana 18 (1-2): 7 – 13
 47. COTES JOSE MIGUEL, CARLOS E. ÑUSTEZ y JAVIER PACHÓN. 1999. Establecimiento de una metodología para la producción de semilla prebásica de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) a partir de minitubérculos. Agronomía Colombiana 16 (1-3): 5 – 12.
 48. DEL HIERRO JUAN y JAIR ALBERTO PAZ. 2007. Evaluación de cinco niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y la calidad en el proceso de industrialización de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) en cuatro zonas productoras de papa del Departamento de Nariño. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. 78 p.
 49. DEL VALLE FRANCISCO AUGUSTO. 1994. Papa amarilla, yema de huevo o papa criolla colombiana. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. No.10. Bogotá. pp. 3
 50. DIAZ HERMELINDA y BALDOMERO JOSE. 1982. Consumo de Papa fresca y procesada en el Departamento de Boyacá. Trabajo de Investigación. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 186 p.
 51. DIAZGRANADOS CRISTINA y ALEJANDRO CHAPARRO. 2007. Desarrollo de un sistema de regeneración de papa criolla (*Solanum phureja*) var Yema de Huevo - Clon 1. Agronomía Colombiana 25 (1):7 – 15.
 52. DUCREAU L, MORRIS WL, TAYLOR MA y MILLAM S. 2005. Agrobacterium-Mediated Transformation of *Solanum phureja*. Plant Cell Rep 2005;24:10–14
 53. DURAN LUIS y FERNANDO PEÑA. 1997. Respuesta de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) a la aplicación de fuentes y dosis de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá D.C. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 72 p.
 54. ESCALLON ROCIO, MONIKA RAMIREZ y CARLOS ÑUSTEZ. 2005. Evaluación del potencial de rendimiento y de la resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont. De Bary) en la colección de papas redondas amarillas de la especie *Solanum phureja* (Juz et Buk). Agronomía Colombiana, 23 (1): 35 – 41.
 55. ESPAÑOL JEANNETTE. 2002. Desarrollo de técnicas para la captura, muestreo y seguimiento de la Polilla Guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) y el Gusano Blanco de la Papa *Premnotypes vorax* (Hustache) en condiciones de campo.

- Trabajo de Grado Maestría en Ciencias Agrarias. Escuela de Posgrados. Facultad de Agronomía. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 140 p.
56. ESPINAL CARLOS, HECTOR MARTÍNEZ, NIDYAN PINZON y CAMILO BARRIOS. 2006. La cadena de la papa en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991 – 2005. Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de Trabajo No. 100. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Ubicado en URL: www.agrocadenas.gov.co. 38 p.
 57. ESPINOSA JOSE. 1991. Efecto residual de fósforo en Andisoles. Revista Facultad de Agronomía (Maracay) 17: 39 - 47
 58. ESTRADA R. NELSON. 1988. Utilización de Especies Silvestres Diploides Cultivadas de Papa a fin de transferir Resistencia a las Heladas a la Papa común Cultivada (*Solanum tuberosum*). Agronomía Colombiana. Bogotá. Vol 3 No. 1 – 2: 39 - 62
 59. ESTRADA R. NELSON. 1990. híbridos triploides derivados de *Solanum stolonifenum* y su valor en el mejoramiento de la papa. Revista Latinoamericana de la Papa. (1990). 3:80-87 80
 60. ESTRADA RAMOS. (s.f.). Los Recursos Genéticos en el Mejoramiento de la Papa. Ubicación en URL: <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/>
 61. ESTRADA R. NELSON. (s.f.). La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. CIP – IPGRI – PRACIPA – IBTA – PROINPA - COSUDE – CID. Bolivia. 372 p.
 62. FACCINI G., S. GARZÓN, M. MARÍNEZ y A. VARELA. 2007. Evaluation of effect of a dual inoculum of phosphate – solubilizing bacteria and *Azotobacter chroococcum*, in crops of creole potato (papa “criolla”, “yema de huevo” variety (*Solanum phureja*). In: Velásquez E. and C. Rodríguez-Barrueco (eds.). First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Springer. pp. 301 – 308.
 63. FAJARDO CARLOS y SIERRA ROSA. 1995. Evaluación de los fungicidas Pencycuron, Tiabendazol y Validamicin A. para el control de *Rhizoctonia solani* Kuhn en el cultivo de la papa criolla (*Solanum phureja*) en el municipio de Tunja Boyacá. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 94 p.
 64. FAJARDO LUDYN y DIEGO DÍAZ. 2002. Estudio de factibilidad para la exportación de papa criolla precocida y congelada. Trabajo de Grado Especialista en Gerencia de Negocios Internacionales. Bogotá D.C. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. 112 p.
 65. FEDEPAPA. 1994. Proyecto para la producción, utilización y comercialización de papa criolla *Solanum phureja*: Informe de actividades realizadas a diciembre de 1994. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. 172 p.
 66. FEDEPAPA. 1996. Evaluación de distancias de siembra y número de tubérculos semilla por sitio en la producción de papa “criolla”. En: Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla “Yema de Huevo” *Solanum phureja*. Revista Papa. Bogotá. pp. 16 - 17
 67. FEDEPAPA. 2003. Censo Nacional de la Papa. Revista Papa No. 23. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá, D.C., 51 p.

68. FEDEPAPA. 2008. PapaReSAtario. Programa de Seguridad Alimentaria para los municipios de clima frío del departamento de Cundinamarca. Fase II. Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Económico – Gobernación de Cundinamarca; 28 municipios de clima frío del departamento de Cundinamarca. Bogotá, D.C., 12 p.
69. FEDEPAPA. (s.f.). Recetario Maestro. Criolla a la Olla. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Plan Nacional de Semilla de Papa. Reimpresión Convenio FEDEPAPA - CORPOCEBADA. Bogotá, D.C., 16 p.
70. FEDEPAPA y SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO ECONOMICO-GOBERNACION DE CUNDINAMARCA. 2008. Manual de Protocolo Interno de Buenas Prácticas Agrícolas para el Sistema Productivo Papa Criolla. Bogotá, D.C., 30 p.
71. FRANCO LILIANA. 1995. Obtención de Plantas Transgénicas de *Solanum Phureja* var. Yema de Huevo (Papa Criolla) Transformadas con el gen de la Proteína de la Cápside del Virus del Enrollamiento de la Hoja de Papa (PLRV). Trabajo de Grado Magíster en Bioquímica. Facultad de Ciencias. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. 104 p.
72. GARCIA GLORIA. 2000. Evaluación de la variabilidad morfológica y de caracteres agronómicos en progenies de papa 2X – 2X y 2X y 4X. Trabajo de Grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ingeniería Agronómica. Bogotá, D.C., Universidad Nacional de Colombia. 33 p
73. GARZA JENNIFER P. 2006. Estudios biológicos del tireteador de la papa *Naupactus* sp. (Coleóptera: Curculionidae). Trabajo de Grado Bióloga. Departamento de Biología. Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. 119 p.
74. GHISLAIN M., D. ANDRADE, F. RODRIGEZ, R. HIJMANS y D. SPOONER. 2006. Genetic analysis of the cultivated potato *Solanum tuberosum* L. Phureja Group using RAPDs and nuclear SSRs. *Teor Appl Genet* 113:1515 – 1527.
75. GHISLAIN M., D.ZHANG, D. FAJARDO, Z. HUAMÁN y R. HIJMANS. 1996. Genetic Diversity Analysis in a Cultivated Andean Potato, *S. phureja* Juz et Buk. Program 2. Publications – Program Report 95 – 96. CIP. Peru. Ubicado en URL: www.cipotato.org.
76. GOMEZ PEDRO. 1970. Inducción artificial de mutantes en papas criollas de *Solanum phureja* Juz et Buk. Trabajo de Grado Título de M. Sc. Programa de Graduados Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 63 p.
77. GOMEZ JOHNNY y JAVIER PEREZ. 1999. Efecto residual de fertilización con fósforo, la gallinaza y el potasio en la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) en suelos derivados de cenizas volcánicas. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá D.C. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 93 p.
78. GONZALEZ JULIAN y ROMERO HELMUTH. 2000. Incidencia de la época de aporque, sobre la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) bajo tres densidades de siembra en dos localidades. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá D.C. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 126 p.

79. GRANDETT GARNIER y RODRIGO LORA. 1979. Acumulación de materia seca y de varios nutrimentos en tres variedades de papa cultivadas en la serie Mosquera del Centro Experimental Tibaitatá. En: Marín M. (ed.). Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1978. Mosquera. Instituto Colombiano Agropecuario. pp. 98 - 102
80. GUARIN SANDRA, CARLOS ÑUSTEZ y JUAN OSPINA. 1998. Evaluación de la fertilidad masculina en 81 genotipos de la Colección Colombiana de *Solanum phureja*. Agronomía Colombiana. Bogotá. Vol XV N.1: 49 – 57.
81. GUZMÁN MÓNICA, CARLOS ÑUSTEZ Y NANCY ARCINIEGAS. 2003. Evaluación de resistencia al virus del amarillamiento de venas de la papa (PVV) en genotipos de la Colección Central Colombiana de *Solanum phureja*. Informe Técnico Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa. (CEVIPAPA). 70 p.
82. HAWKES J. G. 1988. The evolution of cultivated potatoes and their tuber-bearing wild relatives. Kulturpflanze 36:189 – 298.
83. HAWKES J. G. 1990. The Potato: Evolution, Biodiversity, and Genetic Resources. Belhaven Press, London UK. 229 p.
84. HERNANDEZ EDGAR. 1996. Producción de semilla básica de papa "criolla" (*Solanum phureja* Juz. et Buk). En: Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla "Yema de Huevo" *Solanum phureja*. Revista Papa. Federación Colombiana de Papa. Bogotá. pp. 12 - 14
85. HERNANDEZ EDGAR y RAMÓN PINEDA. 1992. Genética y mejoramiento de la papa. En: La papa el descubrimiento que conquistó el mundo. Curso de Actualización. Federación Colombiana de Productores de Papa. 80 p.
86. HERNANDEZ EDGAR y ARMANDO RODRÍGUEZ. 1997. Catálogo de variedades colombianas de papa. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. Bogotá. 23 p.
87. HUAMÁN ZÓSIMO y DAVID SPOONER. 2002. Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*). American Journal of Botany 89(6): 947 – 965.
88. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1989. Mantenimiento *in vitro* de germoplasma de papa. Programa de Genética Vegetal. Tibaitatá. Mosquera. 6 p.
89. INIEA. 2006. Manual para la caracterización *in situ* de cultivos nativos: Conceptos y procedimientos. Instituto Nacional de Investigación y Extensión agraria. Perú. 168 p.
90. JOJOA HAROL y VELASCO JAIRO. 2004. Aplicación de termoterapia en papa (*Solanum tuberosum* sp *andigenum*) para el control de Virus de Amarillamiento de Venas (PVV) en Nariño. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. 64 p.
91. LEYVA JORGE. 2000. Caracterización molecular y evaluación de resistencia de plantas de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk cv Yema de Huevo) transformadas con el gen de la cápside del PLRV. Trabajo de Grado Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Ingeniería Agronómica. Bogotá D.C. Universidad Nacional. 99 p.

92. LARGO CLEMENCIA, LUIS MOLANO y NELSON PIRANEQUE. 1997. Comercialización de la papa criolla (*Solanum phureja*) en estado precocido en Tunja – Boyacá. Trabajo de Grado Tecnólogo en Mercadeo Agropecuario. Instituto de Educación Abierta y a Distancia. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 45 p.
93. LIGARRETO GUSTAVO y MARTHA SUAREZ. 2003. Evaluación del potencial de los recursos genéticos de papa criolla (*Solanum phureja*) por calidad industrial. *Agronomía Colombiana* 21 (1-2):83 – 94.
94. LORA RODRIGO, D. PÁEZ y M. GUZMÁN. 2004. Respuesta de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) en calidad y rendimiento a fuentes y dosis de Fósforo en Cundinamarca, Colombia. *Suelos Ecuatoriales*. Vol 34:1 – 8.
95. LORA RODRIGO. 2005. Efecto residual de la fertilización en la papa. En: *Memorias I Taller Nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa*. Bogotá. CEVIPAPA. pp. 75 – 82
96. LORA RODRIGO, ANA LÓPEZ, RAFAEL GÓMEZ y HENRY BERNAL. 2008. Efecto de dosis de Fe, Cu, Mn, Zn, B y Mo en el contenido de azúcares reductores y totales y en la calidad de fritado en papa criolla (*Solanum phureja*). *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*. Bogotá. Vol 11 (2): 163 – 173.
97. LUJAN LAURO. 1970. Sprout Control of Diploid Potatoes (*Solanum phureja* Juz et Buk) with Maleic Hydrazide. Trabajo de Grado Doctor en Filosofía. Universidad de Cornell. USA. 124 p.
98. LUJAN LAURO. 1994. Ecología de la papa. *Revista Papa* N° 12. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. pp. 4 - 28
99. LUJAN LAURO. 1996. Historia de la papa. *Revista Papa*. N° 16. Federación Colombiana de Productores de Papa. 32 p.
100. MARTIN GUILIANO, DIANA BONILLA, GUSTAVO LIGARRETO y DIEGO FAJARDO. 2000. Identificación y análisis de la variabilidad morfológica de 59 cultivares de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk). *Agronomía Colombiana*. Bogotá. Vol XVII N. 1-3: 49 – 60.
101. MARTÍNEZ JAVIER y PABLO SERRANO. 2008. Alternativa de manejo de un cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*) con técnicas agroecológicas en Cajicá Cundinamarca. Trabajo de Grado Maestría en Ciencias Ambientales. Bogotá D.C. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 70 p.
102. MEDINA JOHN y MIGUEL MORALES. 2001. Respuesta de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) a fuentes y dosis de Magnesio en la localidad de Carmen de Carupa Cundinamarca. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá D.C. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 59 p.
103. MEJIA TATIANA. 2004. Análisis químico y nutricional de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L), Parda pastusa, Diacol Capiro (R-12) y papa criolla (*Solanum phureja*), cultivadas en Colombia. Trabajo de Grado Nutricionista Dietista. Facultad de Ciencias. Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. 116 p.
104. MENDEZ NILO, OSCAR HAMÓN y MARCO PINZÓN. Proyecto planta procesadora papa criolla. En: *Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla “Yema de Huevo”*

- Solanum phureja*. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. pp. 51 – 59
105. MERINO SERGIO y JAIRO MESA. 1982. Influencia de épocas y distancias de siembra de la arveja en el rendimiento del arreglo de papa criolla (*Solanum phureja*) y arveja (*Pisum sativum*). Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia. 71 p.
 106. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – FEDERACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE PAPA. 2004. Guía ambiental para el cultivo de la papa. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. MAVDT. FEDEPAPA. Bogotá, D.C. 56 p.
 107. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL – GOBERNACION DE NARIÑO – CENTRO VIRTUAL DE INVESTIGACION DE LA CADENA AGROALIMENTARIA DE LA PAPA – FONDO NACIONAL DE FOMENTO HORTIFRUTÍCOLA. 2006. I Censo Nacional del Cultivo de la Papa, Departamento de Nariño. Resultados área, producción y rendimiento Año agrícola 2005. Bogotá. 55 p.
 108. MONDRAGON DEYBI y ROSAURA SANCHEZ. 1997. Evaluación de *Beauveria brongniartii* (Sacc) para el control de Gusano Blanco *Premnotrypes vorax* (Hustache) en papa criolla *Solanum phureja* (Juz et Buk), utilizando tres sustratos. Motavita Boyacá. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 76 p.
 109. MONROY LEON PAOLA. 2001. Evaluación de variables agronómicas y fisiológicas en cinco clones avanzados del programa de mejoramiento de papas diploides en dos localidades de Cundinamarca. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 45 p.
 110. MORA ANGELA V. 2000. Análisis agroeconómico de sistemas de fertilización y evaluación del comportamiento de dos variedades locales y tres variedades holandesas en el Centro Agropecuario Marengo, Mosquera Cundinamarca. Proyecto papa segundo semestre 1999. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 88 p.
 111. MORENO JOSE DILMER e IVAN VALBUENA. (s.f.) Colección Central Colombiana de Papa: Riqueza de variabilidad Genética para el Mejoramiento del Cultivo. Artículos Científicos. CORPOICA. Ubicado en URL: www.corpoica.org.co
 112. MOSQUERA JORGE. 1992. La modesta papa criolla. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. 40 p.
 113. MOSQUERA TERESA. 2006. Análisis Genético y Molecular de la Resistencia Cuantitativa a Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*) en *Solanum phureja*. Trabajo de Grado Doctor en Ciencias Agropecuarias. Escuela de Posgrados. Facultad de Agronomía. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 181 p.
 114. MUÑOZ LUIS A. y ANY LUCERO. 2008. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. Agronomía Colombiana. Bogotá. 26 (2): 340 – 346.

115. MURCIA GILBERTO. 2006. Evaluación de coberturas plásticas en producción de papa criolla *Solanum phureja*. Informe Técnico preparado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA para Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa. (CEVIPAPA). 50 p.
116. NAVAS GLORIA, ALVARO TAMAYO, CIPRIANO DÍAZ y JOSÉ ZAPATA. (s.f.) Efecto de la fertilización con N – K en la producción y calidad industrial de tres variedades comerciales de papa criolla en dos municipios del departamento de Antioquia. Artículos Científicos. CORPOICA. Ubicado en URL: <http://www.corpoica.gov.co/sitioweb/Archivos/oferta/bArticuloAT4.pdf>
117. NEIRA ISAIAS y JOSE PANQUEVA. 1996a. Aplicación de tres fuentes de materia orgánica como complemento a la fertilización con 13-26-6 en papa criolla "Yema de Huevo" *Solanum phureja* en Toca Boyacá. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 61 p.
118. NEIRA ISAIAS, JOSE PANQUEVA y GABRIEL ARGUELLO. 1996b. Aplicación de tres fuentes de materia orgánica como complemento a la fertilización con 13-26-6 en papa criolla "Yema de Huevo" *Solanum phureja* en Toca Boyacá. En: Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla "Yema de Huevo" *Solanum phureja*. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. pp. 21 - 23
119. ÑUSTEZ CARLOS. 2001. La papa criolla (*Solanum phureja*): Un cultivo para destacar en Colombia. Boletín de la Papa Vol.3, No.5. Marzo 15 de 2001. RedePapa. ISSN 0124-5740. Ubicado en URL: <http://www.redepapa.org/boletintreintacinco.html>.
120. ÑUSTEZ CARLOS. 2002. Pruebas de evaluación agronómica para registro de nuevas variedades de papa resistentes a *Phytophthora infestans* en el departamento de Nariño. Informe Técnico preparado por Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá para el Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa. (CEVIPAPA). 38 p.
121. ÑUSTEZ CARLOS. 2003. Caracterización molecular y evaluación de los niveles de proteína total, gravedad específica y azúcares en la colección de *Solanum phureja*. Informe Técnico preparado por Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá para Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa. (CEVIPAPA). 44 p.
122. ÑUSTEZ CARLOS y LUIS E. RODRÍGUEZ. (s.f.). Evaluación y selección de clones avanzados de papa criolla en el departamento de Nariño. Informe Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa. (CEVIPAPA). Ubicado en URL: <http://www.cevipapa.org.co/verproyectos.php?id=14>
123. OCAMPO MARIA EUGENIA. 2003. Evaluación por los parámetros de precocidad de la Colección Central Colombiana para clones de *Solanum phureja* en condiciones de páramo. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional. Bogotá. 33 p.
124. OCAMPO MARIA FERNANDA. 1996. Efecto de plaguicidas de origen químico y vegetal sobre la población de *Pseudomonas* spp. *fluorescentes* habitantes de la filósfera de un cultivo de papa criolla var Yema de Huevo (*Solanum phureja*) en

- etapa de floración. Trabajo de Grado Bacteriología. Facultad de Ciencias Básicas Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 94 p.
125. OCHOA C. M. 2001. Las Papas de Sudamérica: Bolivia. CIP – COSUDE – CID – IFEA. Bolivia. 536 p.
 126. OLARTE SANDRA. 2000. Validación del modelos de simulación Substor del programa DSSAT 3.5, en dos variedades de papa *Solanum tuberosum* spp. *andigenum* variedad Tuquerreña y *Solanum phureja* variedad Yema de huevo. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá D.C. 43 p.
 127. OLIVEIRA LIVIA. 2004. Meiose e Viabilidade do Pólen de *Solanum commersonii* spp. e *Solanum tuberosum*. Trabajo de Grado Maestría. Programa de Pos graduados en Agronomía. Universidad Federal de Lavras. Brasil. 82 p.
 128. ORDOÑEZ EDUARDO. 2007. Efecto del sistema Guachado (Wachay) y uso del suelo sobre algunas propiedades físicas en la microcuenca del rio Bobo, Departamento de Nariño. Trabajo de Grado Maestría en Ciencias Agrarias. Convenio Universidad Nacional de Colombia - Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 111 p.
 129. ORJUELA SONIA y CLAUDIA VEGA. 1995. Efecto de la micorriza vesículo arbuscular sobre la eficiencia de la fertilización fosfórica en papa criolla amarilla var. Yema de Huevo (*Solanum phureja* Juz et Buk) en suelos del municipio de Motavita, Boyacá. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 111 p.
 130. ORJUELA JAVIER. 1996. Diseño básico de prefactibilidad para el montaje de la planta procesadora. En: Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla "Yema de Huevo" *Solanum phureja*. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. pp. 48 - 50
 131. ORTIZ CAROLINE, AYDA BENAVIDES, TULIO LAGOS y BENJAMIN SAÑUDO. 1995. Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento y producción de tubérculos de papa criolla *Solanum phureja* (Juz et Buk) en Botana Municipio de Pasto. Revista de Ciencias Agrícolas. Vol 13:64 – 84.
 132. ORTIZ LUZ. 2004. Cuantificación de ácido abscísico y citoquininas en el proceso de tuberización en dos especies de papa (*Solanum tuberosum* L. y *Solanum phureja* Juz et Buk) por cromatografía líquida de alta resolución. Trabajo de Maestría Ciencias Agrarias. Escuela de Posgrados. Facultad de Agronomía. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 78 p.
 133. ORTIZ LUZ y VICTOR JULIO FLOREZ. 2008. Comparación cuantitativa de ácido abscísico y citoquininas en la tuberización de *Solanum tuberosum* L. y *Solanum phureja*. Agronomía Colombiana. Bogotá. 26 (1): 32 – 39.
 134. OTÁLORA NIDIA y LADY PUENTES. 2004. Caracterización, evaluación y cuantificación de materiales provenientes de 10 clones diploide *Solanum phureja* (Yema de Huevo) papa criolla y dos variedades comerciales tetraploides de la Colección Central Colombiana Banco Germoplasma CORPOICA. Trabajo de Investigación. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 120 p.

135. PEÑA FERNANDO. 1997. Respuesta de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) a la aplicación de fósforo y materia orgánica en suelos derivados de cenizas volcánicas. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Institución Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá. 132 p.
136. PEREZ YELIPZA, ADRIANA RIAÑO y FERNANDO COLORADO. 2002. Factibilidad económica y financiera de un cultivo de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk), con aplicaciones de N-P-K en el municipio de Cogua Cundinamarca. Revista UDCA Bogotá. N.4 (2):58 -65
137. PINEDA BELEN LAURA. 2006. Evaluación de la proteína total y el rendimiento de tubérculos en clones de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk), cultivados en zona de paramo en el departamento de Cundinamarca. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 30 p.
138. PINO MONICA y MARIO VELASQUEZ. 1994. Proceso Industrial de la Papa "Criolla" Yema de Huevo. Revista Papa. N. 10. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. pp.14 - 18
139. PINO MONICA. 1995a. Proceso de industrialización de papa criolla precocida congelada. Revista Papa. N. 13. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. pp. 15 – 24
140. PINO MONICA. 1995b. Método para prolongar la vida útil de la papa criolla mediante tecnologías de encerado. Trabajo de Grado Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ingeniería de la producción. Universidad de la Sabana. Bogotá. 114 p.
141. PORRAS R PEDRO DAVID. 2000. Guía para papa criolla. Clon 1. FEDEPAPA. En: Papas Colombianas. Ventana al Campo Andino. Vol 13 No. 1. Cominpu S.A. Bogotá. pp. 65-66
142. QUINTERO OVER, GERMAN PACHON, JOSE PACHECO y MAURICIO GONZALEZ. (s.f.) Aislamiento y cultivo de protoplastos de *Solanum tuberosum* y *Solanum phureja*. Universidad INCCA de Colombia y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 6 p.
143. RAMIREZ DE SANABRIA GILMA. 1977. Evaluación de variedades de papa de *Solanum phureja* por su resistencia a *Myzus persicae*. Trabajo de Grado Magister en Ciencias Agrarias. Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 108 p.
144. RIVERA JESUS. 2002. Evaluación de diferentes opciones de procesamiento industrial en seis clones de papa diploide. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 92 p.
145. RIVERA JESUS, ANIBAL HERRERA y LUIS ERNESTO RODRIGUEZ. 2003. Procesamiento de papa criolla precocida y congelada mediante la técnica de congelación individual (IQF), en seis genotipos promisorios de papa criolla (*Solanum phureja*). Agronomía Colombiana, Vol 21 (1-2): 95 – 101.
146. RIVERA DIAZ INGRID. 2005. Aplicación de un modelo matemático para evaluar la pérdida de suelo (tn/ha/año) en una zona de ladera bajo cultivo de papa (*Solanum phureja*) en la Sabana de Bogotá. Trabajo de Grado Magister en Ciencias

- Agrarias. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 81 p.
147. RODRÍGUEZ JOSE. 2002. Efecto a la aplicación del grado fertilizante 12-34-12 sobre rendimiento y calidad de la papa criolla *Solanum phureja* var Yema de Huevo en un *Humic pachic Dystrudept* de Cundinamarca. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo Facultad de Ingenierías. Institución Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá. 61 p.
148. RODRÍGUEZ JAIRO y CARLOS SAA 2004. Evaluación de algunas propiedades físicas y rendimientos de papa criolla amarilla (*Solanum phureja* Juz et Buk) en dos lotes sometidos a recuperación mediante la utilización de zanjías de fertilidad, en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 89 p.
149. RODRÍGUEZ DANIEL. 2005. Heredabilidad y evaluación por contenido de proteínas totales de la Colección de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) de la Universidad Nacional de Colombia. Trabajo de Grado Maestría en Ciencias Agrarias, Programa de Posgrados Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 91 p.
150. RODRÍGUEZ LUIS E., CARLOS ÑUSTEZ. 2003. Evaluación del potencial de rendimiento y aptitud para el procesamiento industrial en clones avanzados de papa criolla en tres localidades de Antioquia – Fase II. Informe Técnico preparado por Universidad Nacional de Colombia para el Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa. (CEVIPAPA). Bogotá. 82 p.
151. RODRÍGUEZ-MOLANO LUIS E., CARLOS ÑUSTEZ-LÓPEZ y NELSON ESTRADA-RAMOS. 2006. Nuevas variedades de papa a nivel diploide en Colombia (Criolla Latina, Criolla Paisa y Criolla Colombia). Memorias del XXII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Toluca, México. pp C-10
152. ROJAS MARINA. 1980. Variación durante el almacenamiento de humedad, cenizas y ácido ascórbico en tres variedades de papa de las regiones de Chía y Subachoque. Trabajo de Grado Ingeniero de Alimentos. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 192 p.
153. ROJAS LILIANA, LIGIA VELASQUEZ y LIDA ZAPATA. 1996. Elaboración de preformados de papa criolla. En: Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla "Yema de Huevo" *Solanum phureja*. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. pp. 44 - 47
154. ROJAS CLAUDIA y CARLOS SANCHEZ. 1996. Respuesta de la papa criolla variedad Yema de Huevo (*Solanum phureja* Juz et Buk) a la fertilización edáfica con boro, zinc y cobre en el municipio de Motavita Boyacá. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, 90 p.
155. ROJAS LILIANA, LIGIA VELASQUEZ y LIDA ZAPATA. 1997. Elaboración de preformados de papa criolla. Trabajo de Grado Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería Química. Fundación Universidad de América. Bogotá. 199 p.

156. ROMERO J. 1965. Efecto del cloro IPC en la inhibición del brotamiento de dos variedades de papa. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
157. ROMERO HERNAN y JESUS NORATO. 1996. Acción de las poliaminas en la protección de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) cultivar Yema de Huevo contra las heladas. Agronomía Colombiana. Vol XIII (1):50 – 55.
158. ROZO YOHANA. 2006. Evaluación de diferentes niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) en dos localidades de Cundinamarca. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 24 p.
159. RUIZ NHORA; CERON SANDRA. 1991. Uso de cultivos trampa para el control del Gusano Blanco de la Papa *Premnotrypes vorax* (Hustache). En: Revista Papa No. 2. Federación Colombiana De Productores de Papa. Bogotá. pp. 14-22
160. SAAVEDRA CRISTIAN, SANDRA GÓMEZ y JORGE ÁNGEL. 2004. Detección de secuencias específicas de ADN de *Spongospora subterranea* en suelo y tubérculos de papa. Revista Colombiana de Biotecnología. Vol 6 (1): 14 – 22.
161. SAC, 2006. Apuesta Exportadora Agropecuaria. Revista Nacional de Agricultura. No. 946. Sociedad de Agricultores de Colombia. Bogotá, D.C. 11 p.
162. SÁNCHEZ de LUQUE Concepción. 1996. Sanidad de tubérculo semilla como base de la producción de papa “criolla” (*Solanum phureja* Juz. et Buk). En: Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla “Yema de Huevo” *Solanum phureja*. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. pp. 7 - 11
163. SANCHEZ JAVIER DANILO, ARISTOBULO LOPEZ y LUIS ERNESTO RODRÍGUEZ. 2005. Determinación de las etapas críticas en el desarrollo fenológico en el cultivo de la papa *Solanum phureja* (Juz et Buk), frente al ataque de la Polilla Guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae). Agronomía Colombiana 23 (2): 230 -238.
164. SANTOS JANNETH. 2002. Transformación de *Agrobacterium tumefaciens* cepa LBA4404 con el vector binario pNOV022, selección *in vitro* y caracterización molecular. Trabajo de Grado. Biólogo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 44 p.
165. SAUCA DIMAS y JUAN CHICANCAGANA. 2000. Evaluación del rendimiento de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) bajo diferentes densidades de siembra en surco doble y sencillo. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 39 p.
166. SEGURA ANDRES, ALFONSO TRIVIÑO y RODRIGO LORA. 2007. Comportamiento de la papa criolla *Solanum phureja* (Juz et Buk), a calcio y boro en un suelo de Cundinamarca, Colombia. Revista UDCA. Bogotá. 10 (2): 75 -84.
167. SENASA. 2007. Cultivo de la papa en el Perú. Ministerio de Agricultura – Servicio Nacional de Sanidad Agraria. Perú. 57 p.
168. SIPSA. 2006. Principales costos de la comercialización de la papa criolla en Pasto e Ipiales. Informe de seguimiento. Ubicado en URL: <http://www.argenpapa.com.ar/default.asp?id=184>

169. SIPSA. 2007. Costo de producción por hectárea. Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario. Ubicado en URL: http://www.cci.org.co/cci/cci_x/scripts/home.php?men=222&con=211&idHm=2&opc=99
170. SINAIPA. 2002. Circuitos y márgenes en la comercialización de la papa. El Correo de la Papa. Vol. 12. Agosto. Ubicado en URL: http://www.agrocadenas.gov.co/papa/documentos/sinaipa_boletin12.pdf
171. SOTO CRISTIAN y JOHN VILLARRAGA. 2006. Evaluación de diferentes niveles de fertilización sobre el potencial de rendimiento de tubérculo, gravedad específica y calidad de frito en la variedad Criolla Guaneña. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 36 p.
172. SPOONER DAVID, JORGE NÚÑEZ, MARIA DEL ROSARIO HERRERA, FRANK GÚZMAN y MARC GHISLAIN. 2007. Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major reevaluation of their gene pool structure and classification. PNAS. Vol 104 No. 49. Ubicado en URL: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0709796104>
173. SPOONER DAVID, RONALD VAN DEN BERG, WILBERT HETTERSCHEID y WILLEM BRANDENBURG. 2003. Plant nomenclature y taxonomy. An horticultural and agronomic perspective. Horticultural Reviews. Vol 28. Ubicado en URL: [http://www.vcru.wisc.edu/spoonerlab/pdf/Spooner et al., taxonomy paper.pdf](http://www.vcru.wisc.edu/spoonerlab/pdf/Spooner%20et%20al.,%20taxonomy%20paper.pdf)
174. TAMARA ZULANY A. 2003. Evaluación agronómica y de rendimiento en el proceso de enlatado, de ocho genotipos promisorios de papa criolla en dos localidades de Antioquia. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 48 p.
175. TAMAYO ALVARO, CIPRIANO DÍAZ y JOSÉ ZAPATA. (s.f.a) Abonamiento químico en cuatro municipios productores de papa en Antioquia. Artículos Científicos. CORPOICA. Ubicado en URL: <http://www.corpoica.gov.co/sitioweb/Archivos/oferta/bArticulo.pdf>
176. TAMAYO ALVARO, CIPRIANO DÍAZ y JOSÉ ZAPATA. (s.f.b) Abonamiento orgánico en papa criolla con fines de exportación en cuatro municipios productores de papa en Antioquia. Artículos Científicos. CORPOICA. Ubicado en URL: <http://www.corpoica.gov.co/sitioweb/Archivos/oferta/bArticulo.pdf>
177. TAMAYO ALVARO, CIPRIANO DÍAZ y JOSÉ ZAPATA. (s.f.c) Evaluación de distancias de siembra en papa criolla *Solanum phureja* en cuatro zonas productoras de papa en Antioquia. Artículos Científicos. CORPOICA. Ubicado en URL: <http://www.corpoica.gov.co/sitioweb/Archivos/oferta/bArticulo.pdf>
178. USITC. 2009. US General imports at customs value from Colombia. USITC Trade Database – Web Access. Ubicado en URL: http://dataweb.usitc.gov/scripts/cy_m4.asp?Fl=m&Phase=HTS8&cc=3010&cn=Colombia&HTS6=200410&HTS6desc=POTATOES%2C+INCLUDING+FRENCH+FRIES%2C+PREPARED+OR+PRESERVED+OTHERWISE+THAN+BY+VINEGAR+OR+ACETIC+ACID%2C+FROZEN
179. VANEGAS OLGA y AYDE RODRIGUEZ. 1996. Investigación de mercados papa criolla congelada “Quira”. Convenio FEDEPAPA – CORPOCEBADA. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá. 225 p.

180. VASCO ANDREA y MANUEL LÓPEZ. 1996. Investigación de mercados papa criolla precocida congelada hogares. En: Memorias II Simposio Nacional de Papa Criolla "Yema de Huevo" *Solanum phureja*. Revista Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa. Bogotá.
181. VASQUEZ MARTA y ALEJANDRO ZAMBRANO. 2002. Evaluación de fungicidas aplicados al suelo para el manejo de sarna polvosa en una zona productora de papa en el municipio de Subachoque (Cundinamarca). Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. 37 p.
182. VAVILOV N.I. 1951. The origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. (Translated from the Russian by K.S. Chester) Chronica Botanica Vr 1/6. Waltam, Mass.
183. VELASQUEZ MIGUEL A. 1995. Estudio preliminar para la obtención de harina de papa criolla mediante la deshidratación por rodillos. Trabajo de Grado Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 132 p.
184. VILLA ALBA, ALEJANDRA MARIA SANCHEZ, RAUL IVAN VALBUENA y ROOSEVELT ESCOBAR. 2007. Evaluación preliminar de técnicas de crioconservación en una accesión de *Solanum phureja*. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 8(2), 50-59.
185. VILLAMIL HECTOR. 2005. Fisiología de la nutrición en papa. Memorias: I Taller nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa. CEVIPAPA. Bogotá. pp. 28 – 33
186. VILLARREAL HECTOR, PEDRO PORRAS, ALBERTO SANTA, JANETH LAGOEYTE y DIEGO MUÑOZ. 2007. Costos de producción de papa en las principales zonas productoras de Colombia. Federación Colombiana de Productores de Papa – Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola. Bogotá. Ubicado en URL: www.gobant.gov.co/organismos/agricultura/papa/cadena%20papa/costos%20de%20produccion/
187. ZAPATA, JOSE LUIS, GLORIA NAVAS, ALVARO TAMAYO y CIPRIANO DIAZ. 2002. Evaluación agronómica de clones de papa criolla con fines de exportación. Informe Técnico preparado por CORPOICA para Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa. (CEVIPAPA). 63 p.
188. ZAPATA, JOSE LUIS, GLORIA NAVAS, ALVARO TAMAYO y CIPRIANO DIAZ. 2006. Manejo agronómico de la papa criolla para el procesamiento industrial. CORPOICA. Boletín Técnico No. 19. Centro de Investigación La Selva. Rionegro, Antioquia. 44 p.

ANEXOS

ANEXO No. 1.

Costo de producción por hectárea para Cauca - Nariño. SIPSA. Productor pequeño, menor a 1 Ha

ITEM	2007		2008	
	V. TOTAL	% PARTICIP.	V. TOTAL	% PARTICIP.
COSTO DIRECTO	2.885.989	81	3.856.843	83.1
Adecuación terreno	217.000	6	241.400	5.2
Adecuación	10.000	0.3		
Preparación	207.000	6	241.400	5.2
Siembra	66.000	2	83.200	1.8
Mantenimiento cultivo	769.000	22	541.800	11.7
Labores culturales	200.000	6	250.000	5.4
Aplicación insumos	219.000	6	291.800	6.3
Cosecha	350.000	10	452.000	9.7
Insumos	1.652.189	46	2.342.654	50.5
Material propagación	435.645	12	433.062	9.3
Enmienda				
Abono orgánico y acondicionadores				
Fertilizantes edáficos	835.154	23	1.441.720	31.1
Fertilizantes foliares			74.974	1.6
Fungicidas	240.183	7	243.958	5.3
Insecticidas	126.506	4	125.694	2.7
Herbicidas	14.701	0.4	23.245	0.5
Coadyuvantes				
Empaque	181.800	5	195.789	4.2
Bultos			195.789	4.2
Otros				
Materiales				
Amarres				
COSTO INDIRECTO	670.879	19	782.403	16.9
Arriendo	440.000	12	473.856	10.2
Combustible				
Administración*	86.580	2	115.705	2.5
Imprevistos**	144.299	4	192.842	4.2
COSTO TOTAL	3.556.869	100	4.639.246	100
RENDIMIENTO (Kg/Ha)	10900		10900	
COSTO UNITARIO (Kg)	326		426	

*3% sobre costos directos; **5% sobre costos directos

Fuente: Sistema de Información de Precios de Insumos y Factores. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Corporación Colombia Internacional. Cálculos Corporación Colombia Internacional.

ANEXO No. 2.

Localización de la bibliografía citada en la Recopilación

UBICACIÓN DEL DOCUMENTO	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA CITADA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - BOGOTÁ	4 - 6 - 8 - 10 - 13 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 22 - 23 - 24 - 26 - 29 - 32 - 33 - 34 - 45 - 46 - 47 - 51 - 52 - 54 - 55 - 57 - 58 - 71 - 72 - 74 - 76 - 80 - 82 - 83 - 87 - 90 - 93 - 100 - 105 - 109 - 113 - 114 - 118 - 123 - 126 - 127 - 132 - 133 - 137 - 144 - 145 - 146 - 149 - 157 - 158 - 160 - 163 - 164 - 165 - 172 - 174 - 181 - 182 - 183
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - BOGOTA	62 - 73 - 103 - 124
UNIVERSIDAD DE NARIÑO – PASTO (NARIÑO)	12 - 40 - 48 - 90 - 128 - 131 - 148
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES - BOGOTA	11 - 53 - 77 - 78 - 94 - 96 - 102 - 135 - 136 - 147 - 166
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA - TUNJA (BOYACA)	3 - 5 - 27 - 35 - 44 - 50 - 63 - 92 - 108 - 110 - 117 - 129 - 134 - 142 - 154
UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO - BOGOTA	64 - 101 - 152
CORPOICA – BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA – TIBAITATA (MOSQUERA - CUNDINAMARCA)	11 - 28 - 43 - 53 - 59 - 61 - 77 - 78 - 79 - 80 - 88 - 89 - 93 - 94 - 96 - 97 - 102 - 112 - 134 - 143 - 156 - 161 - 166 - 167 - 184 - 188
FEDEPAPA - CEVIPAPA – BOGOTÁ	2 - 7 - 9 - 10 - 14 - 25 - 30 - 31 - 36 - 41 - 42 - 49 - 65 - 66 - 67 - 68 - 69 - 70 - 81 - 84 - 85 - 86 - 95 - 98 - 99 - 104 - 106 - 107 - 115 - 120 - 121 - 125 - 130 - 138 - 139 - 140 - 141 - 150 - 151 - 153 - 155 - 159 - 162 - 179 - 180 - 185 - 187
ELECTRONICO	1 - 37 - 38 - 39 - 56 - 60 - 75 - 111 - 116 - 119 - 122 - 168 - 169 - 170 - 172 - 173 - 175 - 176 - 177 - 178 - 186

ANEXO No. 3.

Relación de empresas procesadoras de papa criolla

Razón Social	Dirección Empresa	Teléfono	Ciudad	Nombre Técnico
PROVIANDA LTDA	CARRERA 73 A No. 74 B - 32	3129543 2766227	Bogotá	PAPA CRIOLLA PRECOCIDA
C.I. NATURANDIANA LTDA	CARRERA 12 No. 79 - 32	3171707	Bogotá	PAPA CRIOLLA PRECOCIDA CONGELADA
C.I. AGRODEX S.A.	VIA 40 No. 71-197 bodega 216 CENTRO INDUSTRIAL MARYSOL	3744442 3608777	Barranquilla	PAPA CRIOLLA
C.I. LISTO Y FRESCO	CALLE 23 No. 36 B 37	3371920	Cali	PAPA CRIOLLA AMARILLA PRECOCIDA CONGELADA
CONTINENTAL FOODS S.A.	MAMONAL KM. 13 ZONA FRANCA INDUSTRIAL BODEGA 5	6687400	Cartagena	PAPA CRIOLLA PRECOCIDA CONGELADA
CONGELADOS DE MI TIERRA LTDA	AV CALLE 6 27 23 BRR SANTA ISABEL	2779995	Bogotá	PAPA CRIOLLA
NUTRILISTOS	DIAGONAL 3C No. 68-16	4141344	Bogotá	PAPA CRIOLLA
COMESTIBLES RICOS LTDA	CALLE 17D No. 116-15	4134155 4134149	Bogotá	CRIOLLA EN CHIPS
COLAGRICOLA	CALLE 77A No. 77-23	4904419 4302517	Bogotá	PAPA CRIOLLA PRECOCIDA

ANEXO N. 4.

Escala CIP para la evaluación de *Phytophthora infestans* en condiciones de campo

ESCALA	GOTA (%)		DESCRIPCION DEL DAÑO
	MEDIA	LIMITES	
1	0		No se observa lesión
2	1.5	0.1 – 3.0	Muy pocas plantas con una lesión dentro de una parcela. Hasta 10 lesiones pequeñas por planta.
3	6.5	3.1 – 10.0	Hasta 30 lesiones pequeñas por planta o hasta una lesión por cada 20 folíolos.
4	17.5	10.1 – 25.0	La mayoría de las plantas están visiblemente afectadas y uno de tres folíolos está infectado. Pocas lesiones por folíolo.
5	37.5	25.1 – 50.0	Casi todos los folíolos con lesiones, es común varias lesiones por hoja. El campo o parcela verde pero todas las plantas en el lugar están infectadas.
6	62.5	50.1 – 75.0	Todas las plantas afectadas y la mitad del área foliar está destruida por la gota. La parcela se observa con parches verdes y cafés.
7	82.5	75.1 – 90.0	Aproximadamente el 75% de cada planta está lesionada. Las ramas inferiores pueden morir, las únicas hojas verdes están en la parte superior de la planta. La forma de la planta puede ser flecosa. El campo no se observa ni café ni verde.
8	93.5	90.1 – 97.0	Algunas hojas y la mayor parte de los tallos están verdes. La parcela se ve café con parches verdes.
9	98.5	97.1 – 99.0	Pocas hojas permanecen verdes, casi todas con lesiones. La parcela se ve café, todas las hojas y tallos muertos.