

Producción de oca (*Oxalis tuberosa*) papalisa (*Ullucus tuberosus*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*)



Manejo agronómico



**PRODUCCIÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*),
PAPALISA (*Ullucus tuberosus*) E ISAÑO (*Tropaeolum tuberosum*):
Avances en la investigación del manejo agronómico**

Autores: Silvia Gonzales
Juan Almanza
Rolando Oros
André Devaux

Edición técnica: Ximena Cadima
Willman García
Janett Ramos

Documento de trabajo No. 22

Fundación PROINPA
Programa Colaborativo de Manejo, Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y
Tubérculos Andinos (PBRTA)
Proyecto PAPA ANDINA

Cochabamba – Bolivia
2003

S. Gonzales, J. Almanza, R. Oros, A. Devaux.

Edición técnica: X. Cadima, W. García, J. Ramos

PRODUCCIÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*), PAPALISA (*Ullucus tuberosus*) E ISAÑO (*Tropaeolum tuberosum*): Avances en la investigación del manejo agronómico

Área temática RRGG (Recursos Genéticos)- Fundación PROINPA

Cochabamba, Bolivia. 2003.

50 páginas

SOBRE ESTE DOCUMENTO

La región andina es cuna de un gran número de cultivos alimenticios que fueron domesticados por pueblos autóctonos hace miles de años, inclusive mucho antes de la expansión de la civilización Inca. Con el transcurso del tiempo, algunos de estos cultivos han adquirido importancia global, como la papa. La mayoría, sin embargo, son poco conocidos internacionalmente y aun en los mismos países andinos. Entre estos cultivos destacan frutales y granos y particularmente nueve especies de “raíces y tubérculos andinos” (RTAs), cada una perteneciente a una familia botánica distinta. Estas especies son: la achira (*Canna edulis*), la ahípa (*Pachyrhizus ahípa*), la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), la maca (*Lepidium meyenii*), el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), la mashua o isaño (*Tropaeolum tuberosum*), la mauka (*Mirabilis expansa*), la oca (*Oxalis tuberosa*) y el ulluco o papalisa (*Ullucus tuberosus*).

Todas ellas son usadas por los pobladores andinos rurales en su alimentación y forman parte de su cultura, y son especialmente importantes para la subsistencia de los agricultores más pobres. Durante una década, desde 1993 hasta 2003, la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) ha venido apoyando diferentes esfuerzos para rescatar y promover las RTAs a través de un Programa Colaborativo que ha involucrado a numerosas instituciones en diversos países. Enfocado inicialmente en la conservación de los recursos genéticos de las RTAs, el programa puso un creciente énfasis en la diversificación de los usos de estos cultivos y en la forma cómo los agricultores de zonas marginales se pueden vincular a nuevos mercados. Para los participantes constituyó un desafío especial enlazar las necesidades de conservación de la biodiversidad en los campos de los agricultores y en bancos de germoplasma, con una perspectiva de desarrollo rural que permita abrir nuevas oportunidades de mercado y generar un valor agregado a estas especies en las zonas rurales de los Andes.

El Programa Colaborativo ha permitido realizar una serie de investigaciones novedosas y de relevancia para una conservación más eficiente de la biodiversidad de las RTAs y para su mayor uso y competitividad frente a otros cultivos. Estas investigaciones han sido dadas a conocer en informes anuales y artículos en revistas científicas y técnicas que se han ido publicando de acuerdo a los avances del Programa. Sin embargo, en su fase final el Programa ha hecho un esfuerzo especial para sistematizar los resultados de diversas áreas temáticas.

El presente documento de trabajo forma parte de una serie de publicaciones que sintetizan 11 años de investigación que incluye monografías, manuales, catálogos de germoplasma y bases de datos desarrollados por investigadores de las diversas instituciones que formaron parte del Programa Colaborativo durante este período.

PREFACIO

El presente documento es el tercero de un total de tres y contiene resultados de investigaciones efectuadas por la Fundación PROINPA entre 1993 y 2002 en el marco del Programa Colaborativo de Manejo, Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRTA) (CIP-COSUDE), con el Subproyecto "Identificación e Investigación de Factores Limitantes de Producción de Tubérculos Andinos", entre 1993-1997 y el "Proyecto Integral Candelaria" (PIC) con vigencia desde el año 1998 al presente; y al mismo tiempo responde a la necesidad de poner a disposición la información generada a otras entidades de investigación y desarrollo agrícola en Bolivia y de otros países de la zona Andina.

En el primer documento se considera la importancia de los cultivos de oca, papalisa e isaño a nivel nacional, zonas productoras y su descripción agroecológica, así como el marco general de producción y limitantes de estos cultivos. En el segundo, se describen las plagas y enfermedades priorizadas en los cultivos de oca y papalisa, y se desarrollan resultados de estudios efectuados para la implementación de estrategias de control de estas limitantes y que a su vez son accesibles y compatibles con los sistemas tradicionales de producción. En el tercero que es el presente documento, se desarrollan temas agronómicos como semilla, fertilización, post cosecha y agrfisiología.

No obstante de estas investigaciones, es importante continuar investigando, capacitando y difundiendo experiencias en el manejo del cultivo y control de plagas y enfermedades, a agricultores de otras zonas productoras de oca, papalisa e isaño, a través de diferentes metodologías participativas.

Esperamos que este documento sea útil para propósitos de aplicación o adecuación de los resultados y/o para la planificación de otras investigaciones, particularmente donde los tubérculos andinos resultan importantes para la economía agrícola local. Cada tecnología generada deberá partir del establecimiento de demandas y prioridades con organizaciones de agricultores e instituciones locales en las diferentes zonas productoras, y a la vez formar parte de una estrategia integral que apoye aparte de la producción, a la comercialización, procesamiento y consumo de los tubérculos andinos y por ende a la conservación *in situ* de su diversidad y desarrollo de las zonas productoras.

Dr. Antonio Gandarillas A.
Gerente General
Fundación PROINPA

Dr. André Devaux
Coordinador Regional
Proyecto PAPA ANDINA

RECONOCIMIENTOS

Las investigaciones que sustentan el presente documento fueron posibles gracias al aporte técnico, económico, planificación y logística de la Fundación PROINPA y el Programa Colaborativo de Manejo de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (CONDESAN-CIP-COSUDE); y su elaboración y publicación al Proyecto Papa Andina (CIP-COSUDE) y al Programa Colaborativo de Manejo de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (CONDESAN-CIP-COSUDE).

Se reconoce ampliamente la compilación, edición técnica y el apoyo en el proceso de producción para la publicación del presente documento a la Ing. Janett Ramos, y a los ingenieros Ximena Cadima y Willman García que han dedicado su valioso tiempo y experiencia para la revisión del mismo.

Agradecemos al Dr. André Devaux por su asesoramiento durante la ejecución de las investigaciones en Agronomía, Post cosecha y Agrofisiología, y al Dr. Enrique Fernández – Northcote por su asesoramiento en los trabajos de Selección Positiva.

RESUMEN

Bolivia se encuentra en la Región Andina, uno de los grandes centros de origen y de domesticación de los tubérculos de oca (*Oxalis tuberosa*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*), las razones para promover la producción, conservación y uso de estos tubérculos se basa en fundamentos nutricionales, ecológicos y económicos, que a través de los años continuamente han contribuido a la seguridad alimentaria de las diferentes zonas productoras.

Sin embargo, a pesar de la importancia socioeconómica de estos cultivos hasta el inicio de actividades del Programa Colaborativo de Manejo, Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRTA) que fue el año 1993, la información disponible sobre producción, zonas productoras, así como el conocimiento y mejoramiento de limitantes y condiciones de producción, era deficiente o inexistente.

Bajo estos antecedentes, primero se decidió localizar las actividades del PBRTA en el departamento de Cochabamba debido a su importancia nacional en cuanto a la diversidad y producción de oca, papalisa, isaño y de otros tubérculos y raíces andinas, como arracacha, achira y yacón.

Las investigaciones iniciales a través de diagnósticos multidisciplinarios, permitieron identificar a Colomi – Sapanani (Prov. Chapare), Lope Mendoza-Totora (Prov. Carrasco) y Morochata-Independencia (Prov. Ayopaya), como las principales zonas de producción y diversidad de los tubérculos de oca, papalisa e isaño en Cochabamba. En estas zonas, la baja comercialización debido a la demanda restringida y los bajos precios, se identificaron como las mayores limitantes de producción y conservación de estos tubérculos. También se identificaron factores reductores de rendimiento como la mala calidad de la semilla e incidencia de plagas y enfermedades y otros factores que afectan la producción de la oca, papalisa e isaño, como las heladas, degradación y erosión de los suelos, excesivas precipitaciones y sequías.

Estas limitantes de producción fueron priorizadas para iniciar investigaciones que superen las mismas en las diferentes zonas productoras, sin embargo, adicionalmente al mejoramiento de la calidad de la semilla también se investigaron otros aspectos agronómicos como la fertilización, post cosecha y estudios agrofisiológicos.

El mejoramiento de la calidad de la semilla de oca y papalisa con la aplicación de la técnica de “selección positiva”, determinó incrementos en sus rendimientos, además se identificaron los virus más importantes que favorecen la degeneración de estos cultivos. Por otro lado, al presente se disponen de estrategias de control de las principales enfermedades de la papalisa como la roya (*Aecidium ulluci*), el mukuru (*Fusarium* sp.) y la q'aracha o rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*); en el cultivo de oca las estrategias de control disponibles son para el gusano de la oca (*Systema* sp.), sin embargo, en este cultivo también se determinaron pérdidas de rendimiento que ocasiona el nematodo *Thecavermiculatus* sp.

Asimismo, se identificó material resistente y/o tolerante en los cultivos de oca y papalisa al nematodo *Nacobbus aberrans*, para que puedan ser utilizados dentro los sistemas de producción andinos donde la papa es el principal hospedante de este nematodo.

Los estudios agronómicos destacaron la importancia de la fertilización mineral y orgánica de acuerdo a que condiciones de suelo se trate. También la información es extensa y valiosa entorno a lo que es la post cosecha, se describen principales formas de almacenamiento de oca, papalisa e isaño, y niveles de pérdidas fisiológicas y por plagas y enfermedades en las formas más comunes de almacenamiento, se determinaron efectos de las diferencias de luz durante el período de almacenamiento sobre la calidad de los tubérculos-semillas de oca, papalisa e isaño y proporcionan implementaciones en la infraestructura de los almacenes familiares, para prolongar el tiempo de almacenamiento de la oca y papalisa e incluso papa, con el fin de comercializarlos en períodos donde el agricultor obtenga mayores ganancias.

Este trabajo es uno de los pasos para potencializar a los tubérculos de oca, papalisa e isaño en los sistemas de producción andinos debido a su importancia alimenticia y económica para los agricultores. La estrategia es mejorar la interrelación entre la conservación, producción, transformación y comercialización de los tubérculos andinos, de tal manera que se mantenga su biodiversidad, se mejore la fragilidad ecológica de los sistemas de producción andinos y al mismo tiempo se contribuya al desarrollo de las zonas productoras.

CONTENIDO

SOBRE ESTE DOCUMENTO.....	v
PREFACIO	vii
RECONOCIMIENTOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
CONTENIDO	xi
CUADROS	xii
FIGURAS	xiii
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xiv
TERCERA PARTE.....	17
AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN DEL MANEJO AGRONÓMICO DE LA OCA, PAPALISA E ISAÑO	19
3.1. CALIDAD DE LA SEMILLA	19
3.1.1. Selección positiva en los cultivos de oca y papalisa	19
3.1.1.1. Efecto de la selección positiva en los rendimientos de oca y papalisa	20
3.1.1.2. Limpieza viral en los cultivos de papalisa y oca.....	21
3.2. FERTILIZACIÓN	22
3.2.1. Efecto remanente de la fertilización mineral aplicado al cultivo de papa en la producción del cultivo de oca	24
3.3. AGROFISIOLOGÍA	25
3.3.1. Evaluación comparativa del desarrollo y crecimiento de los cultivos de papa oca e isaño	25
3.3.1.1. Fases de desarrollo	25
3.3.1.2. Análisis de crecimiento	26
3.3.1.3. Rendimientos.....	28
3.3.2. Producción potencial de biomasa en los cultivos de oca, papalisa e isaño, en relación del cultivo de papa	29
3.3.2.1. Fases de desarrollo	31
3.3.2.2. Análisis de crecimiento	32
3.3.2.3. Rendimientos.....	33
3.4. ESTUDIOS DE POST-COSECHA	35
3.4.1. Tipos de almacenes tradicionales y sus características	35
3.4.1.1. Viviendas	35
3.4.1.2. Phinas	36
3.4.1.3. Pirwas u Oqa t'ijis	36
3.4.1.4. Zarzo.....	36
3.4.1.5. Almacenamiento en campo	37
3.4.1.6. Phutus.....	37
3.4.1.7. Piura o putucu.....	37
3.4.2. Período de almacenamiento.....	37
3.4.3. Pérdidas de almacenamiento.....	38
3.4.3.1. Pérdidas fisiológicas	38
a) Pérdidas de peso en la oca	38
b) Pérdidas de peso en la papalisa	40
c) Pérdidas de peso en el isaño	40
3.4.3.2. Pérdidas por enfermedades e insectos	41
3.4.4. Grado de brotamiento de los tubérculos almacenados.....	42
3.4.5. Efecto de la luz difusa y oscuridad en la calidad de los tubérculos semilla almacenados.....	42

3.4.6. Infraestructura de almacenes familiares de oca y papalisa en la zona de Candelaria.....43

BIBLIOGRAFÍA.....49

CUADROS

Cuadro 1. Número de plantas con selección positiva en cultivos de oca y papalisa. 1995-96 y 1996-97.	20
Cuadro 2. Incrementos de rendimiento en porcentaje en los cultivos de la oca y papalisa por efecto de la selección positiva en tres zonas productoras. 1995-96 a 1997-98.....	21
Cuadro 3. Virus detectados en dos variedades priorizadas de papalisa. Toralapa, 1994-95.	22
Cuadro 4. Cantidades estimadas de fertilizantes químicos y enmiendas orgánicas en la siembra de papa, oca y papalisa, en las zonas de Colomi y Lope Mendoza-Totora. 1994-95.....	23
Cuadro 5. Principales fases de desarrollo de los cultivos de papa, oca e isaño. Toralapa, 1995-96.....	25
Cuadro 6. Fases de crecimiento de los cultivos de papa, oca e isaño en función del tiempo.	26
Cuadro 7. Características edafoclimáticas de Toralapa y Candelaria	29
Cuadro 8. Variedades de papa, oca, papalisa e isaño, evaluados en los estudios de rendimiento potencial. 1997-98, 1998-99.	29
Cuadro 9. Niveles de fertilización orgánica y mineral aplicados en los cultivos de papa, oca, papalisa e isaño, en Toralapa y Candelaria. 1997-98, 1998-99.	30
Cuadro 10. Principales fases de desarrollo en los cultivos de papa, oca, papalisa e isaño. 1997-98, 1998-99.....	31
Cuadro 11. Crecimiento (biomasa en fresco) en tubérculos y planta entera (en gramos) en los cultivos de papa, oca e isaño.....	32
Cuadro 12. Tipos de almacenes tradicionales y propósitos del almacenamiento de la oca, papalisa e isaño en las zonas productoras de Colomi, Lope Mendoza-Totora, Morochata e Independencia. 1993-94.....	35
Cuadro 13. Características de los tipos de almacén de la oca, papalisa e isaño, en las zonas de Morochata-Independencia, Colomi y Lope Mendoza. 1994-95.....	38
Cuadro 14. Porcentajes de brotamiento de tubérculos semilla de oca en Colomi, Lope Mendoza-Totora y Morochata. 1994-95.	42
Cuadro 15. Pérdidas de peso y grado de brotamiento de los tubérculos semilla de oca, papalisa e isaño, almacenados bajo condiciones de luz difusa y oscuridad. Mojón (Lope Mendoza) y Toralapa (Prov. Tiraque). 1995-96.	43
Cuadro 16. Principales sistemas tradicionales de almacenamiento de tubérculos andinos en la zona de Candelaria.....	44

FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de los cultivos de oca e isaño en respuesta a la fertilización mineral (80-160-60 kg/ha de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O).....	23
Figura 2. Rendimientos de la oca en seis niveles de fertilización mineral remanentes y en el nivel 80-160-60 aplicado al momento de la siembra. Toralapa, Tiraque. 1994-95.	24
Figura 3. Acumulación de materia seca en los cultivos de oca, papalisa e isaño en función del tiempo (funciones logísticas).	26
Figura 4. Tasa de crecimiento de los cultivos, papa, oca e isaño.	27

Figura 5. a) Índice de área foliar por metro cuadrado y b) número de foliolos por planta durante el ciclo de los cultivos de papa, oca e isaño.	27
Figura 6. a) Número de tubérculos por planta y b) biomasa seca acumulada en los tubérculos por metro cuadrado, durante el ciclo vegetativo de los cultivos de papa, oca e isaño.	28
Figura 7. Rendimientos en peso fresco y seco en los cultivos de papa, oca e isaño.....	28
Figura 8. Relación de precipitaciones pluviales en Toralapa y Candelaria en 1997-98 y 1998-99.	30
Figura 9. Porcentaje de suelo cubierto por el follaje (cobertura del follaje) en los cultivos de papa, oca e isaño. Candelaria 1998-99.	32
Figura 10. Rendimientos (t/ha) en los cultivos de papa, oca, isaño y papalisa, en las localidades de Toralapa y Candelaria. 1997-98, 1998-99.	34
Figura 11. Rendimientos en peso seco (t/ha) en los cultivos de papa, oca, isaño y papalisa, en las localidades de Toralapa y Candelaria. 1997-98, 1998-99.....	34
Figura 12. Almacén “tipo vivienda”, donde los tubérculos se almacenan en montículos apoyados a la pared.	39
Figura 13. Almacenes “phina”, son montículos de tubérculos (oca, papalisa o isaño) cubiertos de paja, se encuentran en el patio de una casa o fuera de la misma, o en campo abierto.....	39
Figura 14. Almacenes “Pirwa u Oqa t’iji”, son construcciones rústicas con ramas entrecruzadas de muña, eucalipto o kewiña, en forma de pequeñas casas.	39
Figura 15. Pérdidas de peso en tubérculos de oca, en siete almacenes ubicados en las zonas de Colomi, Lope Mendoza- Totora y Morochata.	40
Figura 16. Porcentajes de incidencia y severidad de enfermedades e insectos en tubérculos de oca en siete almacenes en las zonas de Colomi, Lope Mendoza-Totora y Morochata. 1994-95.	41
Figura 17. Pérdidas de peso de los brotes de papalisa tratados con el inhibidor de brotación Hidrazida maleica, después de 80 días de almacenamiento.....	43
Figura 18. Volumen de venta, consumo y semilla en relación al total de la producción de papa, oca, papalisa e isaño, en la zona de Candelaria en los meses de marzo a mayo.	44
Figura 19. Modelo definitivo de almacén familiar para tubérculos de oca, papalisa, papa e isaño, destinados a la comercialización..	45
Figura 20. Variación de los precios de oca y papalisa en la feria de Colomi. Colomi, 2000-2001.....	45

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aynoka: Es un territorio más o menos amplio y con una gestión colectiva, donde todos los comunarios realizan sus siembras en parcelas de la aynoka correspondiente y es donde se mantiene la propiedad individual. La rotación de cultivos es predeterminada, la cual se inicia con un cultivo de cabecera que es la papa. Cada comunario siembra de cuatro a seis parcelas por año (Esprella, 1993).

Colección TURKO: Es una colección de oca y papalisa que realizó la Universidad de TURKO de Finlandia en Bolivia entre 1982 a 1989 y que retornó al país en 1994 al Banco de Germoplasma.

Crecimiento. El crecimiento es un fenómeno cuantitativo susceptible de medirse, es el aumento irreversible y permanente de tamaño en una célula, órgano u organismo que puede ir acompañado por un aumento de peso (ya sea fresco o seco), longitud o diámetro del cuerpo del vegetal, aumento en número, volumen, etc. (Rojas y Rovalo, s/f.; Fernandez y Johnston, 1986; Lira, 1994).

DAS ELISA: Prueba de inmunoadsorción con conjugado enzimático, modalidad de emparejado de doble anticuerpo.

Desarrollo. Proceso irreversible de cambios graduales o abruptos en un organismo, el cual se verifica como un patrón más o menos fijo según la especie (Bidwell, 1979; Goudriaan y Van Laar, 1994). Puede entenderse como el paso a través de consecutivas fases fenológicas y se caracteriza por una ordenada y progresiva tasa de aparición de órganos vegetativos y reproductivos (van Keulen y Wolf, 1986).

Diagnóstico Rápido Rural: Metodología que utiliza técnicas sociales y agronómicas que consisten en conversaciones abiertas, entrevistas no formales y mediciones de campo. Este tipo de diagnóstico es más enfocado a los aspectos cualitativos y sirve para entender directamente el entorno socio-económico y del sistema de producción de los agricultores en términos de sus propias perspectivas o conocimientos locales. Este método ayuda a definir los tipos de agricultores más importantes e identificar áreas de prioridad además mejora la validez de las investigaciones subsiguientes.

Diagnóstico Rural Participativo (DRP): El DRP consiste en el levantamiento de información a agricultores hombres y mujeres en base a entrevistas grupales, seguimiento a parcelas y encuestas representativas.

Fitomasa total (FT): Es la sumatoria de la materia seca de hojas, tallos, tubérculos, raíces y estolones, en una determinada superficie de suelo.

Gallinaza: Estiércol de gallinas de granja.

Incidencia: La incidencia es la presencia y la frecuencia de una plaga o patógeno en un tejido vivo o medio físico o área geográfica (muestra de suelo, parcela, comunidad, país, región).

Índice de Área Foliar (IAF). Expresa la superficie de intercepción de luz de la hoja sobre la superficie de suelo del cultivo.

Índice de Cosecha (IC): Es el resultado del cociente entre el peso seco de tubérculo sobre el peso seco de fitomasa total de la planta multiplicado por 100.

Proyecto Integral Candelaria (PIC): El PIC es asumido por tres instituciones: La Fundación PROINPA (Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos), el Programa de Alimentos y Productos Naturales (PAPN-UMSS) y el Proyecto de Mercadeo y Comercialización de los Tubérculos Andinos (PROMETAS-UMSS), y su base de actividades es en el microcentro de diversidad de Tubérculos y Raíces Andinas Candelaria (Colomi), el objetivo principal del PIC es emprender acciones que permitan procesos sostenibles de conservación *in situ*, producción, transformación, mercadeo, comercialización y consumo de los tubérculos andinos.

Q'allpa (quechua): Suelos que han sido cultivados anteriormente y que quedan dispuestos para la siembra de otro cultivo.

Severidad: La severidad es la intensidad de daño, como consecuencia de la presencia de un organismo patógeno (insectos, hongos, etc.) que afecta la fisiología de un organismo vivo hospedante y se determina generalmente a través de la aplicación de una escala.

Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC). Expresa la acumulación de materia seca, en una determinada superficie y en un determinado tiempo.

**AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN DEL MANEJO AGRONÓMICO
DE LOS CULTIVOS DE OCA, PAPALISA E ISAÑO**

AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN DEL MANEJO AGRONÓMICO DE LA OCA, PAPALISA E ISAÑO

El manejo agronómico de los cultivos de oca (*Oxalis tuberosa*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*) comprende desde la elección de los suelos para la siembra hasta el almacenamiento de los tubérculos una vez cosechados.

Se han llevado a cabo estudios sobre el manejo de estos tubérculos en varias zonas productoras, a objeto de recoger conocimiento tradicional, identificar limitantes y generar alternativas que permitan superar aquellas que afectan negativamente la producción.

3.1. CALIDAD DE LA SEMILLA

La calidad de la semilla se asocia a su sanidad, que a su vez determina la productividad del cultivo. Un problema limitante en la producción y conservación de los tubérculos andinos en Bolivia, es la mala calidad de la semilla.

Al igual que en la papa, los tubérculos de oca y papalisa, son susceptibles de infectarse sistémicamente por los virus. Cuando estos tubérculos infectados se emplean como semilla en campañas sucesivas, las plantas infectadas por los virus incrementan rápidamente reduciendo los rendimientos a través de la producción de tubérculos más pequeños que las plantas sanas, dando lugar a lo que se conoce técnicamente como “degeneración de la semilla” (Alvarez *et al.*, 1992).

En el departamento de Cochabamba se observó que la mayoría de los agricultores de las zonas productoras de tubérculos andinos siembran la oca y papalisa con semilla “degenerada”, que es conocida por los agricultores como semilla “cansada”. El empleo de semilla degenerada esta afectando principalmente la producción de papalisa, generación tras generación. En algunos casos, los agricultores descartan esta semilla degenerada y la renuevan por otra; mientras que otros la reemplazan por semilla de otros cultivos como la papa, ocasionando así la pérdida de su diversidad.

Sin embargo, la calidad de la semilla degenerada puede ser mejorada por la técnica de la Selección Positiva. La selección positiva, consiste en marcar las mejores plantas en base a su sanidad, buena constitución, vigor y características típicas del cultivar o variedad, y en utilizar la semilla de estas plantas marcadas para las próximas siembras, manteniendo de esta manera los rendimientos y la calidad de las semillas por mayor tiempo (Alvarez *et al.*, 1992).

A continuación se dan a conocer los resultados obtenidos con la aplicación de la técnica, en cuanto a la calidad de la semilla y rendimientos en los cultivos de oca y papalisa.

3.1.1. Selección positiva en los cultivos de oca y papalisa

Los efectos de la selección positiva en la oca y papalisa se evaluaron en los rendimientos por dos años consecutivos, a excepción del cultivo de oca en Chuchuani donde los rendimientos se evaluaron en una sola campaña (1995-96).

Las prácticas de “selección positiva” en el cultivo de papalisa se iniciaron en la campaña 1995-96 en Sapanani (Sacaba-Colomi, Prov. Chapare) y Laimetoro (Lope Mendoza-Totora, Prov. Carrasco); y en la oca, en la comunidad de Chuchuani (Independencia, Prov. Ayopaya) (Gonzales *et al.*, 1996). En 1996-97, estos estudios en ambos cultivos se iniciaron en Candelaria (Colomi, Prov. Chapare) (Cuadro 1) (Gonzales e Iriarte, 1997).

Cuadro 1. Número de plantas con selección positiva en cultivos de oca y papalisa. 1995-96 y 1996-97.

Cultivo/comunidad	Año	Variedad	No. Plantas
PAPALISA			
Laimetoro	1995-96	Holandesa	51
Sapanani	1995-96	Holandesa	54
Sapanani	1995-96	Holandesa	50
Sapanani	1995-96	Criolla	15
Candelaria	1996-97	Manzana	50
Candelaria	1996-97	Manzana	50
OCA			
Independencia (Chuchuani)	1995-96	Achacana + Pucka ñawi*	74
Independencia (Chuchuani)	1995-96	Yuraj oca + Pucka ñawi*	80
Independencia (Chuchuani)	1995-96	Yuraj oca + Pucka ñawi*	59
Independencia (Chuchuani)	1995-96	Cartagena	
Candelaria	1996-97	Pucka ñawi	30
Candelaria	1996-97	Pucka ñawi	30
Candelaria	1996-97	Señora	30

Pucka ñawi*: Variedad también conocida en la zona como Kayara

3.1.1.1. Efecto de la selección positiva en los rendimientos de oca y papalisa

Los mayores beneficios de la selección positiva se observaron en los incrementos de rendimiento del cultivo de papalisa en relación de la oca, principalmente en el primer año en las zonas de Sapanani y Laimetoro. Esto demostró que la semilla de oca utilizada no se encontraba tan degenerada por los virus como la semilla de papalisa.

En el segundo año se consideraron como plantas con (PSP*) y sin (PSS*) selección positiva a aquellas provenientes de la siembra de tubérculos semilla cosechados de plantas con (PSP) y sin (PSS) selección positiva en el primer año.

En los dos años de estudio las diferencias en el incremento de rendimiento por efecto de la selección positiva entre variedades de papalisa, mostraron que la semilla de la variedad Criolla de la zona de Sapanani fue la más degenerada en relación de la Holandesa utilizada en la misma comunidad y en Laimetoro, y la Manzana en Candelaria. Asimismo, la selección positiva incrementó más los rendimientos de la variedad Holandesa en Sapanani que en Laimetoro, destacándose Sapanani como la más afectada por virus y con mayor degeneración de la semilla a nivel local.

En la oca, la selección positiva incrementó más los rendimientos en la comunidad de Candelaria en comparación de Chuchuani, esto observó más claramente con la variedad Pucka Ñawi. Por otro lado, en Chuchuani la selección positiva mostró que la variedad Pucka Ñawi se encontraba más degenerada que la semilla de las variedades Achacana y Yurac Oca (Cuadro 2).

Cuadro 2. Incrementos de rendimiento en porcentaje en los cultivos de oca y papalisa por efecto de la selección positiva en tres zonas productoras. 1995-96 y 1997-98.

Papalisa				Oca			
Comunidad	Variedad	Incremento de Rendimiento (%)		Comunidad	Variedad	Incremento de rendimiento (%)	
		Año 1	Año 2			Año 1	Año 2
1995-96				1995-96			
Laimetoro	Holandesa	49	4	Chuchuani	Achacana	13.0	-
Sapanani	Holandesa	45	16	Chuchuani	Pucka ñawi***	12.0**	-
Sapanani	Holandesa	52	4**	Chuchuani	Yuraj oca	8.2	-
Sapanani	Criolla	73	30	Chuchuani	Pucka ñawi***	20.3	-
1996-97				1996-97			
Candelaria	Manzana	12	26	Chuchuani	Yuraj oca	13.0	-
Candelaria	Manzana	32	12	Chuchuani	Cartagena	12.0**	-
				Candelaria	Pucka ñawi	32.0	25
				Candelaria	Pucka ñawi	19.0	4
				Candelaria	Señora	27.0	-

Nota: **PSP= PSP*** y **PSS= PSS***; **PSP=** Plantas con Selección positiva, **PSS=** Plantas Sin selección; **PSP*=** Plantas de semillas con selección positiva; **PSS*=** Plantas de semillas sin selección.

* Los resultados del segundo año corresponden a rendimientos promedio de 50 plantas.

** Favorable a plantas sin seleccionar.

*** Variedad que en la zona de Chuchuani también se conoce como "Kayara".

Sin embargo, en ambos cultivos se presentaron casos donde las plantas sin selección positiva (PSS) rindieron relativamente más que las con selección (PSP). Esta respuesta fue menos frecuente e importante en la papalisa, en este cultivo sólo en el segundo año las plantas sin selección PSS* de la variedad Holandesa rindieron 4% más que las plantas PSP*. En cambio, en la oca en el primer año en Chuchuani las plantas sin selección PSS de dos variedades, la Pucka ñawi y Cartagena incrementaron sus rendimientos en 12% más respecto de las plantas con selección PSP, confirmando en general que la buena calidad sanitaria de la semilla de oca en Chuchuani.

No obstante que los incrementos de rendimiento de los dos cultivos fueron más satisfactorios en el primer año que en el segundo, la selección positiva es una buena alternativa a corto plazo para mejorar la calidad de la semilla y rendimientos por parte del agricultor. La correcta incorporación de esta técnica en las labores de los agricultores se logró con la realización de cursos de capacitación y prácticas demostrativas en campo, actividades que actualmente son efectuadas con metodologías de escuelas de campo a partir de la demanda de los agricultores.

3.1.2. Limpieza viral en los cultivos de oca y papalisa

Los virus, en relación de los hongos, bacterias, insectos y nematodos, son difíciles de erradicar, por lo que se utilizan técnicas de cultivo de tejidos tales como la termoterapia *in vitro* y el cultivo de meristemas para su eliminación con la finalidad de obtener semilla de alta calidad sanitaria. La termoterapia consiste en la exposición de las plántulas infectadas a una temperatura alta (37 a 40° C) durante cuatro semanas antes de su extracción para proceder al cultivo de meristemas. Los meristemas (puntos vegetativos de 0.2 a 0.5 mm de diámetro) son extraídos de los ápices de las plántulas y son implantados en la superficie de un medio de cultivo artificial hasta que regeneran en una nueva plántula.

La sanidad de las plántulas procedentes de la limpieza viral, es verificada en laboratorio antes de proceder a su multiplicación masiva *in vitro* (micropropagación). Las técnicas de verificación más comunes son las serológicas (ELISA) y las inoculaciones en plantas indicadoras (Villarreal, s/f.).

En 1994-95 se priorizaron las variedades de papalisa Criolla y Holandesa para su limpieza viral, la variedad Criolla presentó mayores problemas de adaptación en su establecimiento *in vitro* durante la fase de termoterapia (37°C por cuatro semanas) que dificultó su manejo y obtención del meristema. Con la prueba serológica DAS ELISA se detectó el virus UVC en las dos variedades y no los virus UMV, TMV-U, APLV-U, AVA-U, PapMV-U, PLRV y PapMV-O, que también fueron analizados (Cuadro 3) (Badani *et al.*, 1997). La limpieza viral en estas dos variedades fue altamente efectiva, todas las plantas regeneradas de los meristemas al pasar por dos etapas de verificación sanitaria no presentaron virus.

Cuadro 3. Virus detectados en dos variedades priorizadas de papalisa. Toralapa, 1996-97.

Porcentaje de virus detectados Pre-termoterapia								
Cultivo	UVC	UMV	TMV-U	APLV-U	AVA-U	PapMV-U	PLRV	PapMV-O
Papalisa	83	0	0	0	0	0	0	0

Posteriormente, se inició la limpieza viral de variedades priorizadas de oca en Candelaria y de accesiones de papalisa del Banco de Germoplasma de Toralapa. La priorización de las variedades de oca se realizó en cuanto a características sobresalientes de rendimiento, usos y preferencias por el agricultor y, en el caso de la papalisa, por su alta infección viral (muy degeneradas) (Villarroel y Ugarte, 2000).

Hasta mediados del 2002 el número de accesiones en condiciones *in vitro* sumaban 78 de papalisa y 6 de oca, 16 variedades de papalisa y 4 de oca, pasaron por el proceso de limpieza viral. De este material saneado, las variedades de papalisa Holandesa, Manzana y Criolla, y en la oca la variedad Señora; se hallaban en proceso de multiplicación para su posterior remultiplicación *in situ* (Información proporcionada por Carmen Luz Villarroel¹, 2002).

3.2. FERTILIZACIÓN

En las zonas productoras de oca, papalisa e isaño en Cochabamba, como Colomi- Sacaba (Sapanani) (Provincia Chapare), Lope Mendoza-Totora (Provincia Carrasco) y Morochata- Independencia (Provincia Ayopaya), la siembra de estos cultivos se realiza normalmente después de la papa aprovechando los remanentes de la fertilización que deja este cultivo o, aplicando bajos niveles de fertilización química u orgánica en relación de la papa.

Se hallaron particularidades en la producción de estos cultivos de acuerdo a la zona de estudio. En Lope Mendoza-Totora y Colomi, por ejemplo, se aplican fertilizantes minerales y orgánicos en grandes extensiones de oca y papalisa, la cantidad aplicada de ambos insumos normalmente es menos del 50% que lo aplicado al cultivo de la papa (Gonzales *et al.*, 1994 y 1995).

En Colomi la fertilización de la papa, oca y papalisa se realiza casi exclusivamente con gallinaza². La dosis de gallinaza aplicada en la oca y papalisa representa 24 y 20% de la dosis aplicada al cultivo de papa. En cambio, en Lope Mendoza –Totora, la siembra de la papa es con fertilizantes químicos y enmiendas orgánicas; y de la oca y papalisa sólo con fertilizantes químicos. Las cantidades de fertilizantes químicos aplicados en la oca y papalisa y representados en porcentaje van en el orden del 53 al 62% y del 29 al 34%, respectivamente, en relación de la papa (Cuadro 4).

¹ Carmen Luz Villarroel: Responsable del Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la Fundación PROINPA.

² **Gallinaza:** Estiércol de gallinas de granja.

Cuadro 4. Cantidades estimadas de fertilizantes químicos y enmiendas orgánicas en la siembra de papa, oca y papalisa, en las zonas de Colomi y Lope Mendoza-Totora. 1994-95.

Cultivos	Zona Colomi	Zona Lope Mendoza-Totora	
	Enmiendas orgánicas (kg/ha)	Fertilizantes químicos (Kg/ha)	Enmiendas orgánicas (kg/ha)
Papa	Gallinaza 8.5 (21)	18-46-0 300-350 (16)	Vacuno 8.4 (8) Gallinaza 6.6 (2) Ovino 13.8 (1)
Oca	Gallinaza 2.0 (10)	18-46-0 187 (11)	-
Papalisa	Gallinaza 1.7 (12)	18-46-0 101 (11)	-

Nota: Los datos para Colomi son en base a 22 encuestas y para Lope Mendoza-Totora en base a 17. Los valores en paréntesis corresponden al número de agricultores que respondieron esta opción

En cuanto al isaño, la cantidad de fertilizantes que se aplican en este cultivo es similar a lo de la oca o papalisa, puesto que es cultivado en pequeñas cantidades conjuntamente estos cultivos.

Por otro lado, se realizaron estudios de fertilización mineral a nivel experimental en el Centro Toralapa (Provincia Tiraque) donde los suelos son pobres en nutrientes. Bajo estas condiciones el nivel de fertilización 80-160-60 kg/ha de N-PO₂-K₂O favoreció los rendimientos de los cultivos de oca (Pucka Ñawi) e isaño (Amarilla y Anaranjada). La emergencia, floración, tuberización y madurez fisiológica que fueron evaluadas periódicamente permitieron observar que la fertilización mineral no afectó la ocurrencia de las distintas fases de desarrollo de los cultivos, a excepción de la oca que anticipó en 10 días las fases de floración y tuberización, y que en el isaño, la variedad Amarilla fue más precoz completo su ciclo biológico 27 días antes que la variedad Anaranjada.

También la fertilización fue favorable al crecimiento³ y rendimiento de los dos cultivos. Los rendimientos, fueron mayores con la fertilización mineral principalmente en el cultivo de oca, y en el isaño en la variedad Amarilla (Figura 1) (Valdivia *et al.*, 1995).

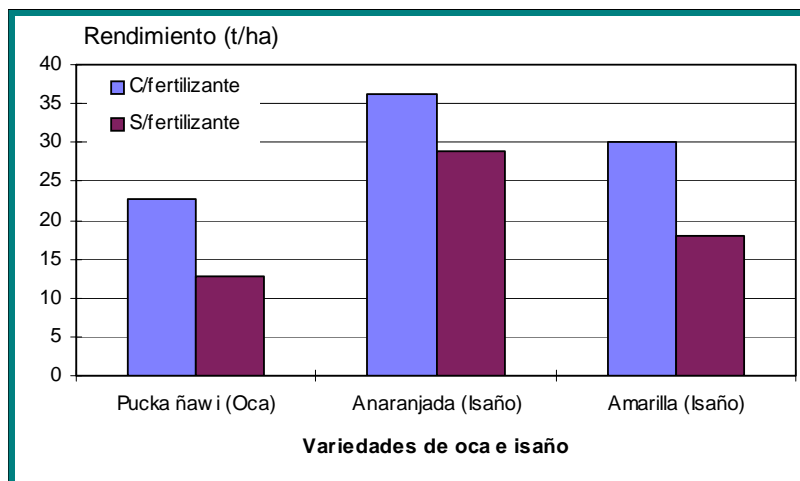


Figura 1. Rendimientos de los cultivos de oca e isaño, en respuesta a la fertilización mineral (80-160-60 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O).

³ **Crecimiento.** El crecimiento es un fenómeno cuantitativo susceptible de medirse, es el aumento irreversible y permanente de tamaño en una célula, órgano u organismo que puede ir acompañado por un aumento de peso (ya sea fresco o seco), longitud o diámetro del cuerpo del vegetal, aumento en número, volumen, etc. (Rojas y Rovalo, s/f.; Fernandez y Johnston, 1986).

3.2.1. Efecto remanente de la fertilización mineral aplicado al cultivo de papa en la producción del cultivo de oca

En 1994-95, en el Centro Toralapa (Provincia Tiraque), se evaluó la producción de oca en respuesta al efecto residual de niveles de fertilización aplicados a la papa. Se evaluaron siete niveles de fertilización, seis remanentes: 0-0-0; 80-80-0; 80-160-0; 160-80-0; 160-160-0; 80-80-60, y uno aplicado al momento de la siembra con el nivel 80-160-60. Se evaluaron los rendimientos y se analizó el suelo antes y después del cultivo.

Originalmente los suelos antes de la siembra de la papa mostraron un nivel bajo de nitrógeno, fósforo y potasio. Después del cultivo de papa, los suelos aplicados con 160 kg/ha de fósforo subieron a un nivel medio con este elemento. En el testigo 0-0-0, la fertilidad del suelo se mantuvo en su nivel original.

Los análisis de suelo al final del cultivo de oca indicaron que los niveles residuales de fósforo se mantuvieron a un nivel medio de fertilidad donde se aplicaron altos niveles de fósforo, a excepción del nivel 80-160-60, el cual al final del cultivo presentó un residuo alto de fósforo. El resto de los elementos como el nitrógeno y el potasio mantuvieron su nivel original en el suelo, pudiéndose atribuir estos resultados a la estabilidad que tiene el potasio, y en el caso del nitrógeno, a la reposición de la materia orgánica en el suelo a través de los residuos de la cosecha anterior.

Los rendimientos de la oca no fueron diferentes estadísticamente en los seis niveles de fertilización remanentes pero si, se observaron diferencias significativas de rendimiento entre el nivel de fertilización aplicado al momento de la siembra (80-160-60) y los seis niveles remanentes de fertilización (Figura 2).

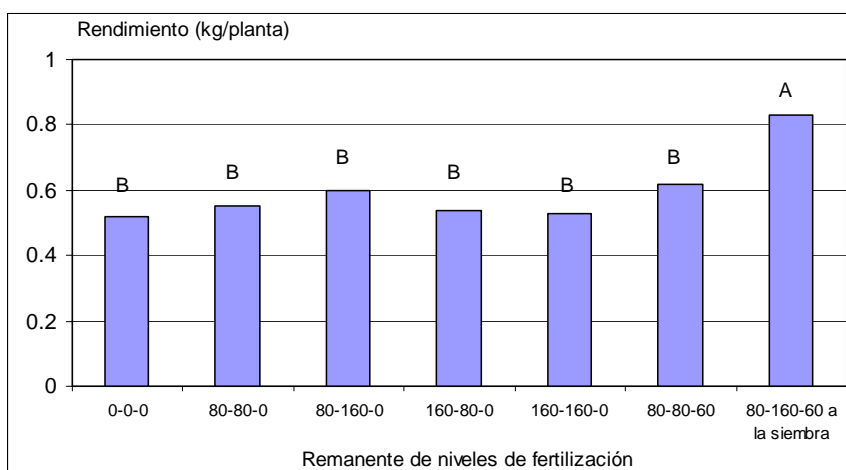


Figura 2. Rendimientos de la oca en seis niveles de fertilización mineral remanentes y en el nivel 80-160-60 aplicado al momento de la siembra. Toralapa, Tiraque. 1994-95.

La fertilización remanente con altos niveles de fósforo y moderados de potasio, 80-80-60 y 80-160-0 en el cultivo de oca, mostraron rendimientos de 0.62 y 0.58 kg/planta respectivamente, muy próximos al rendimiento de 0.83 kg/pl obtenido con el nivel 80-160-60 aplicado al momento de la siembra. Por lo señalado, estos dos elementos tienen un efecto positivo en los rendimientos de la oca. Estos resultados se corroboraron con los reportes de Tapia (1985) en el Perú, quien indicó que la oca muestra una alta respuesta al fósforo y al potasio.

De acuerdo a los resultados se concluye que los niveles remanentes de fertilizantes, principalmente aquellos que han tenido una buena dosis de fósforo dan una producción expectable de la oca respecto a su fertilización en el momento de la siembra. Se confirmó que bajo condiciones de suelos pobres en nutrientes, como es el caso de los suelos del Centro Toralapa, la fertilización puede mejorar los rendimientos significativamente (Gonzales *et al.*, 1995a).

3.3. AGROFISIOLOGÍA

A partir de la determinación de las características agrofisiológicas de determinado cultivo, es posible mejorar su manejo agronómico (fertilización, densidad de siembra, aporques, etc.) y superar más efectivamente limitantes de orden biótico como abiótico, a través de la aplicación de medidas correctivas de acuerdo al crecimiento y fase de desarrollo en la que se encuentra.

Los estudios agrofisiológicos en los cultivos de oca, papalisa e isaño, fueron útiles para conocer las características de crecimiento y desarrollo de estos cultivos frente al cultivo de papa, ya que hasta ese momento no se disponía de una información completa al respecto.

3.3.1. Evaluación comparativa del desarrollo y crecimiento de los cultivos de papa, oca e isaño

Las principales características agrofisiológicas de crecimiento y desarrollo de los cultivos de oca (var. Pucka ñawi) e isaño (var. Anaranjada) en comparación de la papa (var. Waych'a), se estudiaron bajo condiciones del Centro Toralapa (Tiraque) ubicada a 3450 msnm. Durante el ciclo de estos cultivos las precipitaciones llegaron a 623 mm y con presencia de heladas que afectaron principalmente a la oca e isaño (Quispe *et al.*, 1997).

Las evaluaciones agronómicas y de desarrollo fueron porcentaje de emergencia, inicio de la tuberización, inicio de la floración, madurez fisiológica y rendimiento. Para evaluar el crecimiento se obtuvo la fitomasa total de la planta y los índices fisiotécnicos de Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), Índice de Área Foliar (IAF) y Tasa de Crecimiento de los Tubérculos (TCT), a partir de datos de peso seco de hojas, tallos, raíces y tubérculos.

3.3.1.1. Fases de desarrollo

La papa en comparación de la oca e isaño fue más precoz, completó su madurez fisiológica a los 175 DDS, en cambio la oca e isaño iniciaron esta fase a los 200 DDS, no llegando a completar su ciclo debido a la presencia de heladas (Cuadro 5) (Quispe *et al.*, 1997).

Cuadro 5. Principales fases de desarrollo de los cultivos de papa, oca e isaño. Toralapa, 1995-96.

Especies/variedades	Fases de desarrollo			
	80% emergencia (DDS)	Inicio tuberización (DDS)	Inicio floración (DDS)	Madurez fisiológica (DDS)
Papa (Waych'a)	44	80	118	175
Oca (Pucka ñawi)	61	120	132	200 (*)
Isaño (Anaranjada)	44	120	154	200 (*)

(*): Se considera como inicio a la madurez fisiológica. DDS: Días después de la siembra

3.3.1.2. Análisis de crecimiento

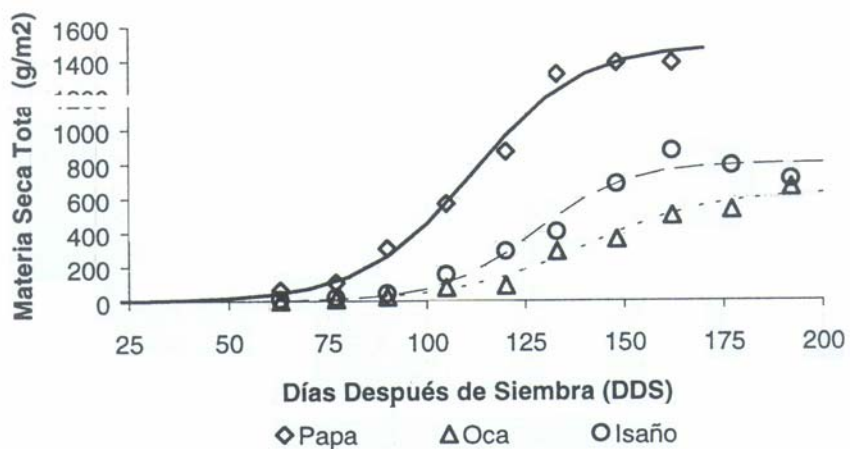
Se distinguieron tres fases de crecimiento de la papa, oca e isaño: la fase exponencial o inicial, la fase lineal y la fase de senilidad (Figura 3) (Bidwell, 1979). La papa presentó mayor crecimiento (mayor acumulación de materia seca) en relación de la oca e isaño, en un período vegetativo corto; en cambio, la oca requirió mayor tiempo para estabilizar su crecimiento en su fase senil. El crecimiento del isaño fue intermedio, es decir, menor al de la papa y mayor al de la oca.

En los tres cultivos, la fase de crecimiento más importante fue la lineal o rápida durante ésta, ocurrió la mayor traslocación de asimilatos del follaje a los tubérculos; esta fase duró de los 90 a los 130 DDS en la papa, de 120 a 160 DDS en la oca y de 110 a 148 DDS en el isaño. La papa e isaño, llegaron a su fase de crecimiento lento a los 130 y 148 DDS, respectivamente, a partir de esta fase estos cultivos presentaron estabilidad en cuanto a la materia seca acumulada. En cambio en el cultivo de oca, la fase lineal de crecimiento culminó aproximadamente a los 160 DDS, a partir de este punto se asumió que la oca empieza su última fase de crecimiento lento o senil, que no pudo completarse por la presencia de heladas (Cuadro 6 y Figura 3) (Quizpe *et al.*, 1997).

Cuadro 6. Fases de crecimiento de los cultivos de papa, oca e isaño en función del tiempo.

Fases de crecimiento	Papa (DDS)	Oca (DDS)	Isaño (DDS)
Fase exponencial o inicial	44-90	61-120	44-110
Fase lineal o intensa	90-130	120-160	110-148
Fase senilidad	130-180	A partir de los 160	148-200

DDS: Días después de la siembra, en las diferentes fases de crecimiento de los cultivos.



Fuente: Quizque, *et al.*, 1997.

Figura 3. Acumulación de materia seca en los cultivos de oca, papalisa e isaño en función del tiempo (funciones logísticas).

Los puntos máximos de producción de materia seca en el cultivo de papa (TCC) llegaron a 26.9 g/m²/día a los 110 DDS. El isaño llegó a producir 17.31 g/m²/día como máximo a los 130 DDS, en cambio la máxima tasa de crecimiento de la oca fue de 9.9 g/m²/día a los 140 DDS (Figura 4).

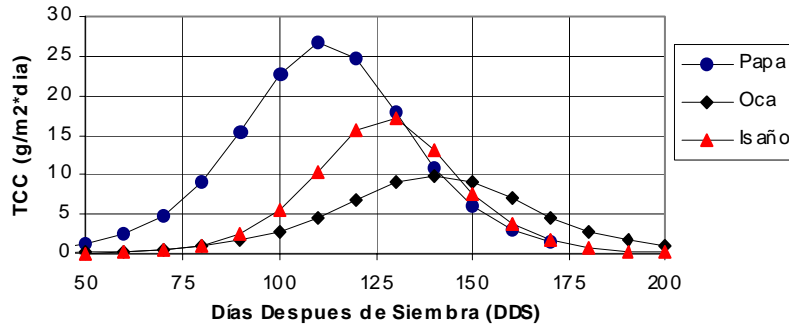
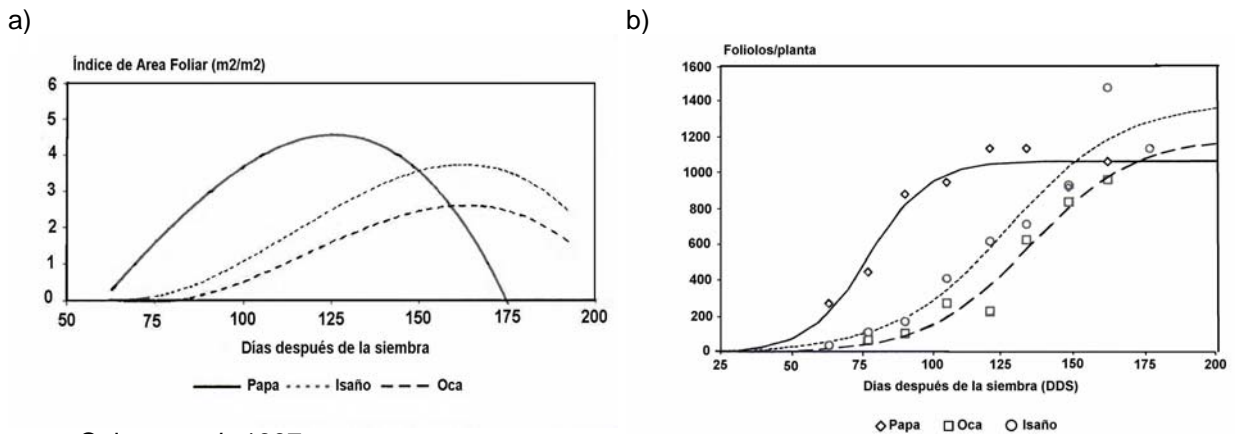


Figura 4. Tasa de crecimiento de los cultivos, papa, oca e isaño.

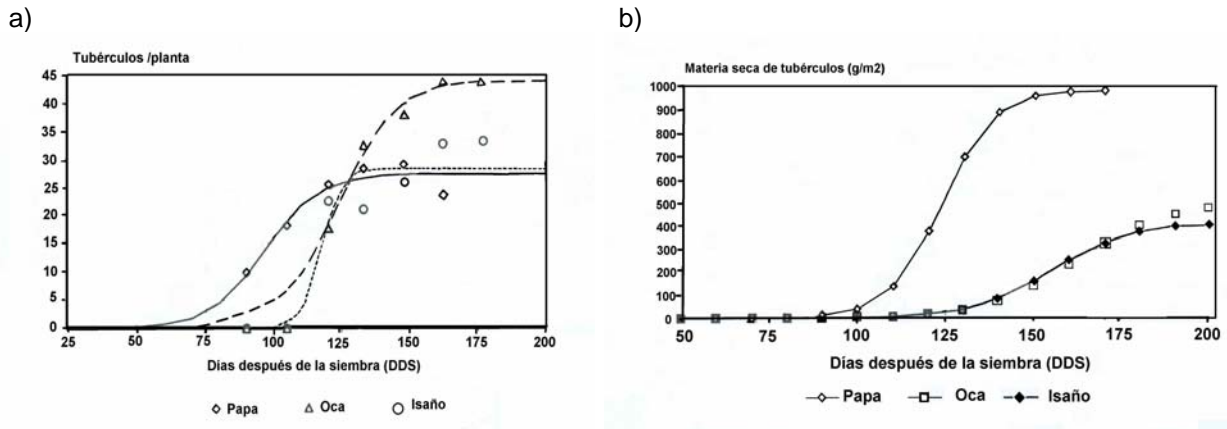
Asimismo, la papa registró un Índice de Area Foliar (IAF) de 4.5 m²/m², mayor a la de la oca e isaño, 2.5 y 3.6 m²/m², respectivamente; el IAF y número de foliolos guardaron una relación estrecha durante el ciclo de cada uno de los cultivos. Los tres cultivos llegaron a producir un número de foliolos superior a las 1000 unidades durante su ciclo, el cultivo de papa llegó a registrar su máximo IAF y número de foliolos a los 125 DDS (1060 unidades), en cambio la oca e isaño presentaron un número superior o igual de foliolos, al de la papa, a los 175 DDS, a este número de días, el IAF de ambos cultivos empezó a disminuir después de su máximo valor a los 168 DDS (Figura 5).



Fuente: Quispe *et al.*, 1997.

Figura 5. a) Índice de área foliar por metro cuadrado y b) número de foliolos por planta durante el ciclo de los cultivos de papa, oca e isaño.

En cuanto al crecimiento de los tubérculos (Figura 6), la oca produjo un mayor número de tubérculos de 44 por planta, pero la mayoría fueron de tamaños III y IV (menores a 12 cm de largo), este número de tubérculos se mantuvo constante a partir de los 175 DDS. En el isaño y la papa, el número de tubérculos producidos presentó mínimos cambios a partir de los 150 DDS, el isaño llegó a producir 28 tubérculos por planta en su mayoría de tamaños II, III y IV (menores a los 10 cm de largo), en cambio la papa 27 tubérculos por planta, pero de mayor tamaño, es decir, de los tamaños I, II y III (mayores a 3 cm). En la etapa final de crecimiento de los cultivos, la papa llegó a acumular un peso seco máximo de 980g/m² a los 150 DDS, en cambio, la oca e isaño, 500 y 400 g/m², respectivamente, a los 200 DDS (Quizpe *et al.*, 1997).



Fuente: Quispe *et al.*, 1997.

Figura 6. a) Número de tubérculos por planta y b) biomasa seca acumulada en los tubérculos por metro cuadrado, durante el ciclo vegetativo de los cultivos de papa, oca e isaño.

3.3.1.3. Rendimientos

Los rendimientos fueron mayores en los cultivos de isaño y papa (33.2 y 30.3 t/ha, respectivamente), la oca presentó el rendimiento más bajo (21.9 t/ha). En cuanto al rendimiento en peso seco, el isaño y la oca, rindieron menos en comparación de la papa. Estos resultados indicaron que el isaño y la oca contienen mayor cantidad de agua en los tubérculos en relación de la papa (Figura 7) (Quizpe *et al.*, 1997).

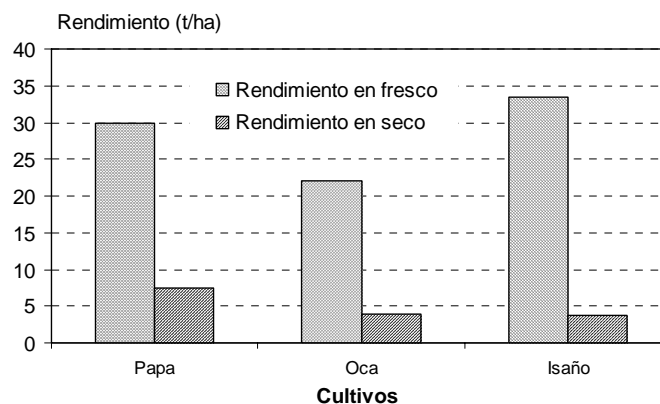


Figura 7. Rendimientos en peso fresco y seco en los cultivos de papa, oca e isaño.

Posteriormente, se continuó estudiando la agrofisiología de estos cultivos, bajo otras condiciones agroclimáticas para comprender su potencial de producción y acumular información que permita además elaborar modelos de crecimiento y producción.

3.3.2. Producción potencial de biomasa en los cultivos de oca, papalisa e isaño, en relación de la papa

Los estudios de rendimiento potencial de los cultivos de oca, papalisa e isaño en relación de la papa, se realizaron en dos zonas agroecológicamente diferentes: en Toralapa (Prov. Tiraque) y Candelaria (Colomi, Prov. Chapare) en la campaña agrícola 1997-98 y únicamente en Candelaria en 1998-99 (Cuadro 7) (Antezana, 2001; Patiño, 1999 y 2000).

Cuadro 7. Características edafoclimáticas de Toralapa y Candelaria.

Variable	Toralapa	Candelaria
Altitud	3450 msnm	3265
Humedad relativa	50%	70-90%
Precipitación	500 mm/año	900-1000 mm/año
Capa arable del suelo	15-40 cm	15-60 cm (Moderadamente profundos)
PH del suelo	5.5 (ácidos)	5.5 - 6.0 (Moderadamente ácidos)
% materia orgánica	2 - 3% baja	6.08% alta

Fuente: CIDETI, 1994; Salazar, 2000.

Las variedades en las cuatro especies de cultivos se seleccionaron en función a su mayor demanda y producción (Cuadro 8). En 1997-98, los niveles de fertilización orgánica y mineral aplicados en Candelaria fueron los que tradicionalmente aplican los agricultores para cada uno de los cultivos; en Toralapa se utilizó un nivel de fertilización óptimo para la papa, este nivel también fue aplicado en los otros dos cultivos. Asimismo, en 1998-99, en Candelaria, los niveles de fertilización orgánica y mineral fueron los mismos para todos los cultivos (Cuadro 9).

Cuadro 8. Variedades de papa, oca, papalisa e isaño, evaluados en estudios de rendimiento potencial. 1997-98, 1998-99.

Año 1997-98			Año 1998-99		
Localidad	Cultivo	Variedad	Localidad	Cultivo	Variedad
Toralapa Candelaria	Papa	Waych'a Pintaboca	Candelaria	Papa	Waych'a Pintaboca
	Oca	Pucka ñawi Lluch'u oqa		Oca	Qayara Lluch'u oqa
	Isaño	Anaranjada Amarilla		Isaño	Anaranjada Amarilla Dulce
		Papalisa		Manzana	

Cuadro 9. Niveles de fertilización orgánica y mineral aplicados en los cultivos de papa, oca, papalisa e isaño, en Toralapa y Candelaria. 1997-98, 1998-99.

Año	Cultivo	Toralapa	Candelaria
1997-98	Papa	3 t/ha gallinaza + 160-160-0	5 t/ha gallinaza + 80-80-0
	Oca	3 t/ha gallinaza + 160-160-0	2 t/ha gallinaza + 80-80-0
	Isaño	3 t/ha gallinaza + 160-160-0	2 t/ha gallinaza + 80-80-0
1998-99	Papa		5 t/ha gallinaza + 80-80-0
	Oca		5 t/ha gallinaza + 80-80-0
	Isaño		5 t/ha gallinaza + 80-80-0
	Papalisa		5 t/ha gallinaza + 80-80-0

En 1997-98, las condiciones climáticas en Toralapa y Candelaria fueron influenciadas por el fenómeno de la corriente de “El Niño” por lo que se presentaron temperaturas elevadas y escasas precipitaciones entre los meses de noviembre y enero, en relación de la campaña 1998-99. Los cultivos fueron más afectados por el fenómeno de “El Niño” en Toralapa, por ello se aplicaron riegos para que las condiciones de humedad del suelo sean más favorables al desarrollo y rendimiento de los mismos (Figura 8).

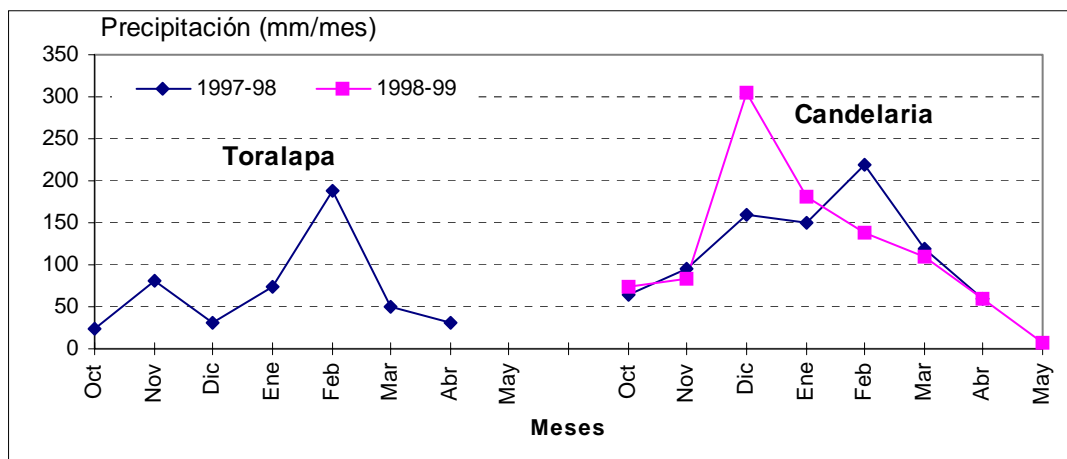


Figura 8. Relación de precipitaciones pluviales en Toralapa y Candelaria en 1997-98 y 1998-99.

En 1997-98, los análisis físico-químicos de los suelos donde se efectuaron los ensayos en Toralapa y Candelaria, mostraron que son moderadamente ácidos. En lo que respecta a la presencia de fósforo y potasio, estos elementos en ambas localidades presentaron valores altos, de la misma manera, la materia orgánica tuvo un rango moderado en Toralapa y alto en Candelaria. En 1998-99, en Candelaria, los suelos fueron ácidos, con alto porcentaje de materia orgánica y niveles altos de fósforo, bases intercambiables (K, Ca, Mg y Na) y de capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Las variables de desarrollo y agronómicas evaluadas fueron: días a la emergencia, días al inicio de la tuberización, días a la floración y días a la madurez fisiológica y rendimiento. El crecimiento se evaluó mediante observaciones en la cobertura del follaje, biomasa seca total y fraccionado por órganos (raíces, tallos, hojas, tubérculos), índice de área foliar, índice de tuberización e índice de cosecha.

3.3.2.1. Fases de desarrollo

Comparando las distintas fases de desarrollo de los cultivos en Toralapa durante una campaña y en Candelaria en dos campañas consecutivas, se observó que la ocurrencia de las fases de desarrollo de los mismos, fueron influenciados estrechamente por las condiciones medioambientales y que en general, las distintas fases de desarrollo sucedieron y finalizaron anticipadamente en Candelaria cuyas condiciones son adecuadas a su cultivo, es decir en condiciones de mayor humedad y precipitación (Figura 8).

En 1997-98, la oca e isaño emergieron, florecieron y tuberizaron más anticipadamente en Toralapa que en Candelaria, sin embargo, completaron su madurez fisiológica 3 a 5 días antes en Candelaria. El ciclo del cultivo de la papa, también fue más corto en Candelaria que en Toralapa. Asimismo, comparando la ocurrencia de las fases de desarrollo de los diferentes cultivos en Toralapa en 1997-98, respecto de Candelaria en el año 1998-99, se observó que estos se anticiparon con 20 a 25 días en Candelaria (Cuadro 10). Estos resultados se explicaron a que en Toralapa en 1997-98, las condiciones de sequía fueron más marcadas los primeros meses de cultivo (Figura 8).

Cuadro 10. Principales fases de desarrollo en los cultivos de papa, oca, papalisa e isaño. 1997-98, 1998-99.

Año/ Localidad	Cultivo	Variedad	Días después de la siembra			
			80% emergencia	Inicio tuberización	Inicio floración	Madurez fisiológica
1997-98						
Toralapa	Papa	Waych'a	56	80	95	175
		Pintaboca	69	76	80	166
	Oca	Pucka ñawi	76	107	118	207
		Lluch'u oqa	76	110	123	210
	Isaño	Anaranjada	81	112	*	**
		Amarilla	85	116	134	217**
1997-98						
Candelaria	Papa	Waych'a	53	86	93	170
		Pintaboca	64	78	87	163
	Oca	Pucka ñawi	89	110	121	202
		Lluch'u oqa	89	114	123	208
	Isaño	Anaranjada	86	118	*	**
		Amarilla	90	120	142	214*
1998-99						
Candelaria	Papa	Waych'a	55	75	70	155
		Pintaboca	70	75	85	155
	Oca	Qayara	110	110	95	175
		Lluch'u oqa	110	115	110	175
	Isaño	Anaranjada	85	110	15	200
		Amarilla	110	110	90	200
		Dulce	55	110	95	200
Papalisa	Manzana	110	140	85	175	

Nota: * variedad que no llegó a florecer; ** Cultivo que puede ser cosechado en verde

3.3.2.2. Análisis de crecimiento

Los resultados de las variables de crecimiento fueron más claros en 1998-99 en condiciones de Candelaria. En estas condiciones se observaron diferencias de crecimiento entre especies y variedades. En cuanto se refiere al crecimiento de los tubérculos como el de las plantas en general, se observó por ejemplo, que en el cultivo de la papa, la variedad Waych'a creció más que la Pintaboca, y que en el isaño, la variedad Anaranjada presentó mayor crecimiento que las variedades Amarilla y Dulce. En cambio, en el cultivo de oca no se observaron diferencias de crecimiento entre variedades (Cuadro 11).

Cuadro 11. Crecimiento (biomasa en fresco) de los tubérculos y planta entera (expresado en gramos) en los cultivos de papa, oca e isaño.

PAPA			OCA			ISAÑO		
	Tubérculo	Planta		Tubérculo	Planta		Tubérculo	Planta
Waych'a	423.1 a	768.0 a	Qaraya	560.5 a	865.5 a	Anaranjada	998.0 a	1818.4 a
Pintaboca	244.5 b	423.4 b	L. oqa	523.5 a	875.6 a	Amarilla	602.9 b	1170.4 b
						Dulce	562.3 b	1245.6 b

Nota: Medias con una misma letra, no presentan diferencias estadísticas.

En cuanto a la cobertura del follaje (Figura 9), las diferencias de cobertura entre los cultivos fueron evidenciándose a partir de los 75 días después de la siembra (DDS), coincidiendo con el inicio de la fase de tuberización en el cultivo de papa. Las variedades de isaño y de papa, presentaron las mayores coberturas hasta alcanzar 100% a los 110 DDS, sin embargo, posteriormente sólo las variedades de isaño mantuvieron estos máximos porcentajes hasta la última observación realizada a los 160 DDS. Estos valores máximos de cobertura en el isaño, favorecieron la formación y crecimiento de los tubérculos ya que la fase de tuberización se inició a los 110 DDS (Patiño, 2000).

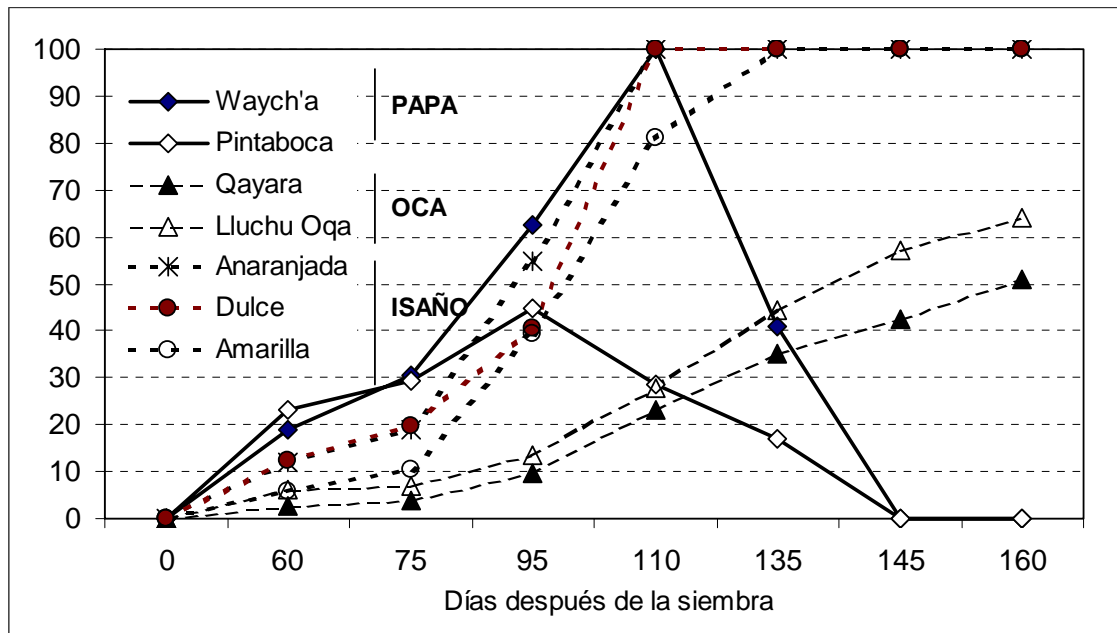


Figura 9. Porcentaje de suelo cubierto por el follaje (cobertura del follaje) en los cultivos de papa, oca e isaño. Candelaria 1998-99.

Haciendo comparaciones por cultivo, se observó que en el cultivo de papa, la variedad Waych'a desarrollo mayor cobertura que la variedad Pintaboca, a partir de los 75 DDS y continuó manteniendo esta ventaja hasta la senectud del cultivo a los 145 DDS. El follaje de la variedad Pintaboca sólo llegó a cubrir 40% de la superficie del suelo. La cobertura de la oca, en relación de la papa e isaño, fue la más baja y lenta hasta los 110 DDS en que se inició la fase de tuberización de este cultivo, y posteriormente, después de los 135 DDS llegó a valores intermedios entre el isaño y la papa. En la oca, la variedad Lluchu oqa presentó coberturas relativamente mayores que la Qayara después de los 110 DDS, pero esta ventaja sólo se tradujo en la acumulación de mayor biomasa en seco en los tubérculos respecto de la variedad Qayara (Figura 9 versus Figura 11).

3.3.2.3. Rendimientos

Los rendimientos de tubérculos en peso fresco y seco obtenidos en 1997-98 y 1998-99 (Figuras 10 y 11), mostraron que las condiciones medioambientales de Candelaria son las más favorables para la producción de los cultivos de oca, isaño y papalisa; en esta localidad se obtuvieron los mayores rendimientos en estos cultivos. En la papa, las variedades Waych'a y Pintaboca rindieron favorablemente en Toralapa y Candelaria, ambas mostraron rendimientos estables en las dos localidades. La variedad Pintaboca siempre rinde menos que la Waych'a debido a diferencias genéticas, perteneciendo a la especie *S. stenotomum* el rendimiento normalmente no se compara con la subespecie *andigena* que es altamente rendidora.

En la campaña 1997-98, las variedades de oca no presentaron diferencias significativas en los rendimientos entre localidades, pero en 1998-99 se observó que estas rinden mejor en condiciones de Candelaria. En el isaño, la variedad Anaranjada presentó rendimientos superiores en Torapala y Candelaria, comparada con las variedades Amarilla y Dulce. En la segunda localidad, los rendimientos de la variedad Anaranjada llegaron a 83 t/ha en 1998-99, demostrando ser la de mayor rendimiento (Patiño, 2000; Antezana, 2001).

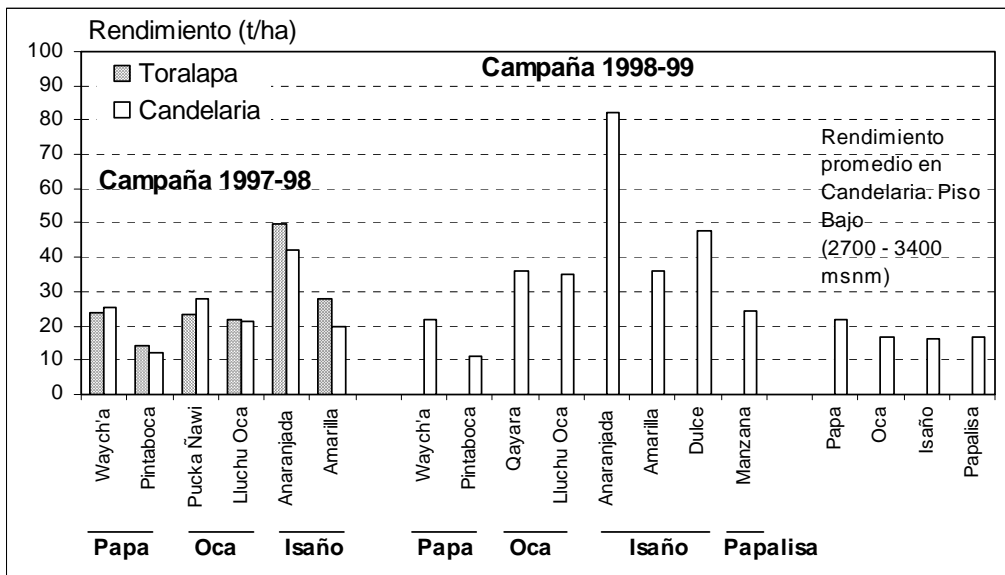


Figura 10. Rendimientos (t/ha) en los cultivos de papa, oca, isaño y papalisa, en las localidades de Toralapa y Candelaria. 1997-98, 1998-99.

En cuanto a los rendimientos en materia seca, en la papa, la variedad Waych'a rindió más que la Pintaboca en las dos localidades. Las otras especies rendidoras en materia seca fueron las variedades de oca (Lluchu oca, Qayara y Pucka ñawii) y la variedad de isaño Anaranjada (Figura 11). Este material se considera potencial para su procesamiento agroindustrial en hojuelas, harinas y sus derivados.

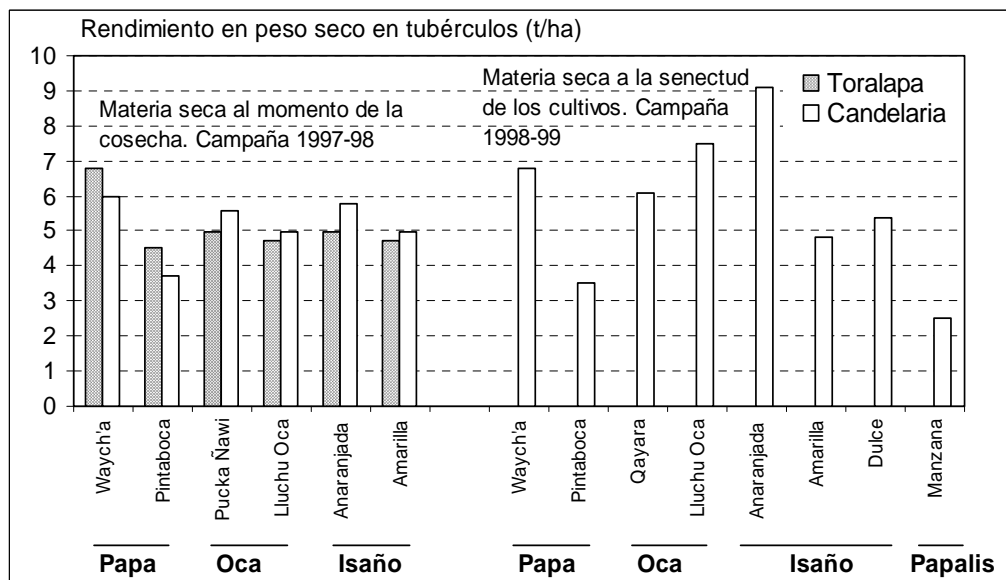


Figura 11. Rendimientos en peso seco (t/ha) en los cultivos de papa, oca, isaño y papalisa, en las localidades de Toralapa y Candelaria. 1997-98, 1998-99.

3.4. ESTUDIOS DE POST-COSECHA

El almacenamiento constituye una práctica importante en la conservación de tubérculos semilla y papa consumo, porque incide en el estado fisiológico de los tubérculos y en consecuencia en su calidad.

El tiempo de almacenamiento de los tubérculos de oca, papalisa e isaño es corto, para cada una de estas especies existen almacenes específicos que se distinguen en función al destino de la producción.

3.4.1. Tipos de almacenes tradicionales y sus características

Se identificaron siete tipos de almacenes de los cultivos de oca, papalisa e isaño en las zonas productoras de Colomi, Lope Mendoza-Totora, Morochata e Independencia del departamento de Cochabamba. Los más frecuentes son las “viviendas” que son utilizadas como almacenes. También se identificaron almacenes típicos como las “phinas “ y las “pirwas” en Colomi, los “zarzos” y “almacenamiento en campo” en Lope Mendoza-Totora y Candelaria (zona de Colomi), los “putus” en Morochata y las “piuras o putucus” en Independencia. Todos estos almacenes son utilizados para almacenar semilla o papa consumo en diferentes cantidades (Cuadro 12). Normalmente las cantidades de tubérculos que aparecen en la última columna del Cuadro 12, se almacenan para semilla como para consumo. Sólo cuando llega la época de siembra, los agricultores escogen la cantidad y tamaño de semilla necesarias (Gonzales *et al.*, 1994; Gonzales y Terrazas, 2001).

Cuadro 12. Tipos de almacenes tradicionales y propósitos del almacenamiento de la oca, papalisa e isaño en Colomi, Lope Mendoza- Totora, Morochata e Independencia. 1993-94.

Zona	Tipo almacén	Tubérculos almacenados	Propósito del almacenamiento	Cantidades almacenadas (kg)
Colomi	- Phinas	Oca, papalisa	Consumo y semilla	200 a 500
	- Pirwas	Oca	Consumo	300 a 400
	- Vivienda	Oca, papalisa, isaño	Semilla	100 a 300
L. Mendoza	- En campo	Oca, papalisa	Comercialización	-
	- Zarzo	Papalisa, oca	Consumo- Comercialización- semilla	300 a 1000
Morochata	- Phutus	Oca, papalisa, isaño*	Consumo – semilla	200 a 400
	- Vivienda	Oca, isaño	Semilla	100 a 200
Independencia	- Piura-Putucu	Oca, isaño	Consumo - semilla	200 a 300
	- Phinas	Oca, papalisa	Comercialización- consumo	200 a 500

* El isaño se almacena en pequeñas cantidades (1 a 2 arrobos).

3.4.1.1. Viviendas

La vivienda es el ambiente donde la familia del agricultor convive, descansa y se protege de las inclemencias del tiempo, pero también es el ambiente más común de almacenamiento de los tubérculos de papa, oca, papalisa e isaño. Este almacenamiento consiste en apilar los tubérculos en una esquina del ambiente que ocupa el agricultor, sin embargo también existen ambientes exclusivos que se designan para almacenar estos tubérculos y otros productos agrícolas (Figura 12). La oca como la papalisa generalmente se almacenan de esta forma (Gonzales *et al.*, 1994 y 1995c; Gonzales y Terrazas, 2001).

Las viviendas son construcciones de adobe, con techo de teja, piso de tierra o de cemento en algunos casos. Una gran parte de las viviendas tienen luz difusa y ventilación a través de las ventanas y puertas mal cerradas (Gonzales *et al.*, 1994 y 1995).

3.4.1.2. Phinas

Este tipo de almacén es típico de las zonas de Colomi e Independencia. Las phinas son montículos de tubérculos de oca, papalisa o papa (200 a 500 kg) en el piso sobre paja brava (hichj'u), que son cubiertos con una capa gruesa de paja (hichj'u) para protegerlos del sol, lluvias o rocío y del viento, ya que están ubicados a campo abierto, en el patio de una casa o fuera de la misma (Figura 13). Estos almacenes se ubican donde existe corriente de aire para mantener ventilados a los tubérculos amontonados y evitar pudriciones (Gonzales *et al.*, 1994 y 1995c; Gonzales y Terrazas, 2001).

Las phinas generalmente son almacenes temporales de oca o papalisa que tienen como destino la comercialización o el consumo familiar. Este sistema en Candelaria (zona Colomi) generalmente es usado para almacenar semilla que no puede ser transportada desde parcelas alejadas a la vivienda del agricultor o cuando no existe espacio suficiente en la vivienda para su almacenamiento. Algunas veces, las phinas son utilizadas para almacenar tubérculos semilla por 3 a 4 meses, para esto los tubérculos son seleccionados aproximadamente un mes después de la cosecha, dependiendo de la disponibilidad de tiempo del agricultor (Gonzales *et al.*, 1994 y 1995c; Gonzales y Terrazas, 2001).

3.4.1.3. Pirwas u Oqa t'ijis

Este tipo de almacén es típico de la zona de Colomi y es utilizado exclusivamente para almacenar oca para consumo familiar. La pirwas son construcciones rústicas que tienen forma de pequeñas casas, donde a manera de paredes y de techo se colocan ramas entrecruzadas de muña (*Satureja boliviana*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*) o Kewiña (*Polylepis incana*). El piso es un sobrepiso de troncos delgados de eucalipto que se encuentra suspendido a 20 o 30 cm del suelo, lo que permite la ventilación de los tubérculos almacenados. Las dimensiones pueden variar entre 1 a 2 metros de ancho y largo, las paredes están construidas a base de un entrelazado de muña y eucalipto para repeler insectos (Figura 14) (Gonzales *et al.*, 1994 y 1995c; Gonzales y Terrazas, 2001).

La capacidad de almacenamiento es de 200 a 600 kg de oca. La oca almacenada en estos almacenes se retira poco a poco entre los meses de julio a noviembre, de acuerdo a las necesidades de la familia. Las pirwas son refaccionadas con muña y eucalipto para el almacenamiento de cada campaña.

3.4.1.4. Zarzo

Los zarzos se caracterizan por su alta capacidad de almacenamiento de oca o papalisa. Son almacenes típicos de la comunidad de Laimetoro (Lope Mendoza-Totora) y se utilizan para consumo familiar, comercialización y semilla. Son construcciones a la intemperie y suspendidas del suelo a 1 o 1.5 m. Tienen la forma de una bandeja de 2m x 3m o más grande, es hecha con troncos y ramas entrecruzadas de muña. Sobre este lecho se almacena entre 300 a 1000 kg de oca o papalisa, que son cubiertos con paja para protegerlos del sol y del viento (Gonzales *et al.*, 1994 y 1995c).

Los zarzos también constituyen una alternativa para almacenar oca y papalisa por tiempos prolongados (junio a noviembre). Para mejorar su eficiencia, las modificaciones consistirían en construir una cubierta que proteja a los tubérculos del sol y de los vientos (Gonzales *et al.*, 1995c).

En Candelaria (Colomi), el zarzo es construido en el interior de la vivienda y se utiliza principalmente para almacenar volúmenes altos de papa para consumo y para la comercialización. En estas condiciones, el principal inconveniente que presenta este tipo de almacén es la falta de control de luz y la ventilación.

3.4.1.5. Almacenamiento en campo

Esta forma de almacenamiento es único y se caracteriza porque los tubérculos no son cosechados entre abril y mayo como ocurre normalmente, sino que se cosecha gradualmente entre junio y diciembre, dependiendo de las necesidades económicas del agricultor y del precio de comercialización del tubérculo en el mercado. El almacenamiento en campo se practica en las zonas de Sapanani-Morochata, Lope Mendoza-Tотора y Candelaria (Colomi); su uso es más común en la papalisa, no tanto en la oca, porque este tubérculo es susceptible al daño por insectos y enfermedades, cuando se lo deja por mucho tiempo en el campo.

En Candelaria (Colomi), el almacenamiento en campo se utiliza para evitar que la papalisa presente problemas de verdeo para cuando se lo traslade al mercado, para evitar este problema los agricultores dejan la papalisa en la parcela sin cosechar, sin embargo, este procedimiento trae problemas de brotación, corazón hueco y rhizoctonias (qaracha de la papalisa), esta última enfermedad ocurre principalmente en suelos infestados con el hongo *Rhizoctonia* sp. Todos estos aspectos sanitarios hacen que el almacenamiento en campo sea poco adecuado para períodos largos (Gonzales y Terrazas, 2001). En Sapanani (Morochata), el almacenamiento en campo de la papalisa puede prolongarse de 7 a 8 meses (mayo a diciembre). Durante este período de cosechas sucesivas, este tubérculo sufre pérdidas de peso que fluctúan entre 15 y 54%, la principal causa son las heladas (51 a 67% del total de pérdidas), a esto se suman otras ocasionadas por noctuideos, verdeo y envejecimiento fisiológico de los tubérculos (Cossio, 1998).

3.4.1.6. Phutus

Los phutus son típicos de la zona de Morochata y sirven para almacenar tubérculos de oca para consumo o semilla. Son construcciones de piedra que tienen la forma de cilindro de 0.7 a 1 m de diámetro y de 1 a 1.5 m de alto, tienen capacidad para almacenar 200 a 500 kg de oca. Estos almacenes se ubican donde existe corriente de aire, para ventilar los tubérculos por las aberturas existentes entre piedra y piedra. El piso de estos almacenes que es el mismo suelo, lo recubren interiormente con paja antes de depositar la oca (Gonzales *et al.*, 1994 y 1995c).

3.4.1.7. Piura o putucu

Son propios de la zona de Independencia y se utilizan para almacenar oca para consumo y semilla. La construcción de las paredes es de paja entretrejida, tienen forma de cilindro de 0.35 a 1 m de diámetro y de 1 a 1.2 m de alto; su capacidad de almacenamiento es de 200 a 300 kg. Por la textura tupida del tejido de paja, la ventilación en este almacén es deficiente presentándose problemas de pudrición en los tubérculos. El piso en estos almacenes es el suelo cubierto de paja (Gonzales *et al.*, 1994 y 1995c).

3.4.2. Período de almacenamiento

El período de almacenamiento de los tubérculos semilla de oca, papalisa e isaño es corto (2 a 3 meses) y está comprendido entre junio y septiembre. Normalmente los tubérculos destinados para semilla son cosechados entre junio y julio, los que luego de realizar una selección, son almacenados hasta fines de agosto o principios de septiembre, que es la época de inicio de siembra de los mismos.

Excepcionalmente en la zona de Colomi, la papalisa se siembra desde principios de julio utilizando como semilla, tubérculos cosechados un día antes de la siembra.

3.4.3. Pérdidas de almacenamiento

Las pérdidas producidas por aspectos fisiológicos (respiración), enfermedades e insectos, han sido determinados en base a estudios en tres tipos de almacén (vivienda, phina, zarzo). Las características particulares de cada uno (Cuadro 17), influyeron en gran medida en las pérdidas de peso y en los daños de plagas y enfermedades.

Cuadro 13. Características de los tipos de almacén de la oca, papalisa e isaño, en las zonas de Morochata-Independencia, Colomi y Lope Mendoza. 1994-95.

Comunidad/zona	Tipo almacén	Luz/ Ventilación	Material construc. pared	Material de techo	Piso	TA's almacenados
Piusilla(Morochata)	Vivienda 1	L=No V=No	Adobe	Teja	Tierra	Oca
Viru Viru (Colomi)	Vivienda 2	L= Leve V= Si	Tapial	Fibrocemento	Cemento	Oca
Rodeo Alto (Colomi)	Vivienda 3	L= Leve V= Si	Adobe	Teja	Tierra	Oca
Laimetoro (L.Mendoza)	Vivienda 4	L= No V= No	Adobe	Teja	Ladrillo	Oca
Mojón (L.Mendoza)	Vivienda 5	L= Si V= No	Adobe	Calamina	Tierra	Oca, papalisa
Laimetoro (L. Mendoza)	Zarzo	L= No V=No	Soportes de troncos con ramas cruzadas, paja	-	-	Oca
Kayarani (Colomi)	Phina	L= No V= No	Se almacena sobre suelo y cubre con paja	-	Tierra	Oca, isaño
Kayarani (Colomi)	Vivienda	L= No V= Si	Adobe	Teja	Cemento	Papalisa

3.4.3.1. Pérdidas fisiológicas

a) Pérdidas de peso en la oca

En los tipos de almacén “vivienda”, “phina” y “zarzo”, las pérdidas de peso en la oca almacenada por 60 días se registraron entre 5 a 20%. En los almacenes “vivienda” de piso seco y con alturas de 40 a 50 cm de los montones de tubérculos, las pérdidas no sobrepasaron al 8%. En cambio, en aquellos con techo de calamina y que presentaron mucha ventilación y falta de luz, las pérdidas de peso fueron mayores llegaron a 14 y 19% (Figura 15) (Gonzales *et al.*, 1995c).

Se observó que el techo de calamina en los almacenes predispone que ocurra pérdidas de peso en los tubérculos almacenados debido a la frecuente variación extrema de la temperatura y humedad relativa dentro almacén (Gonzales, 1992).

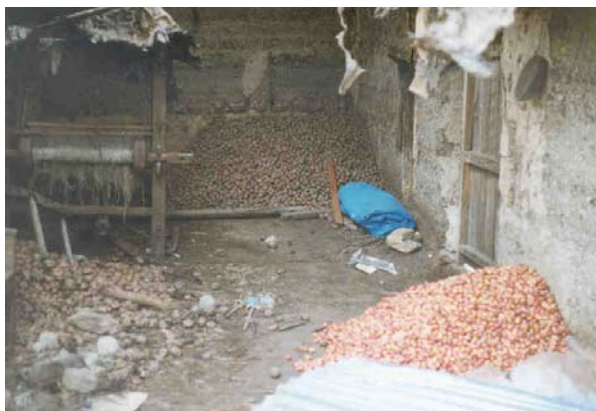


Figura 12. Almacén “tipo vivienda”, donde los tubérculos se almacenan en montículos apoyados a la pared.



Figura 13. Almacenes “phina”, son montículos de tubérculos (oca, papalisa o isaño) cubiertos de paja, se encuentran en el patio de una casa o fuera de la misma, o en campo abierto.



Figura 14. Almacenes “Pirwa u Oqa t'iji”, son construcciones rústicas con ramas entrecruzadas de muña, eucalipto o kewiña, en forma de pequeñas casas.

Las pérdidas de peso en los almacenes “zarzo” y “phina” también fueron altos llegaron a 18 y 20%, respectivamente. Estas pérdidas en el caso del “zarzo” se relacionaron a que este almacén se encuentra a la intemperie y no siempre bien cubierto por la paja, lo cual afectó que los tubérculos estén expuestos al sol, el viento y los pájaros. En el caso de la “phina”, las pérdidas se debieron principalmente a la deshidratación de los tubérculos y por el daño de los roedores. Esta última forma de almacenamiento fue el menos adecuado para la oca (Figura 15).

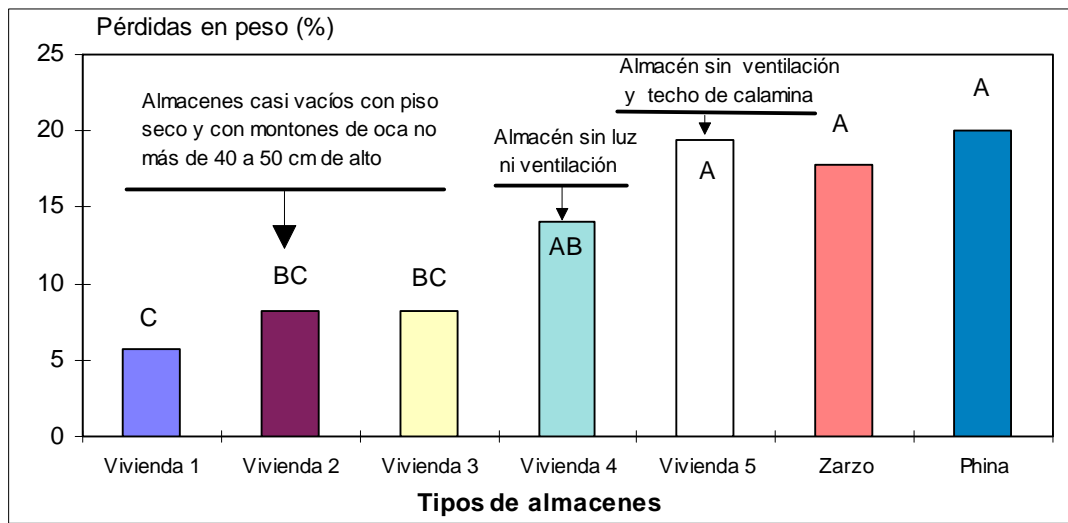


Figura 15. Pérdidas de peso de la oca, en siete almacenes ubicados en las zonas de Colomi, Lope Mendoza- Titora y Morochata.

Asimismo, se observó que las pérdidas de calidad y peso en la oca son mayores en los almacenes tipo “pirwa”, después de 45 días las pérdidas en este almacén llegaron a 15 y 23% (Gonzales y Terrazas, 2001).

b) Pérdidas de peso en la papalisa

En los almacenes tipo “vivienda” en Mojón (L. Mendoza) y Kayarani (Colomi) (Cuadro 17) y después de 60 días, la papalisa presentó pérdidas promedio de 8.5%. Estos bajos porcentajes de pérdidas se relacionaron al corto tiempo de almacenamiento, al tamaño grande de los tubérculos (3 a 4 cm de diámetro) y a los bajos porcentajes de humedad dentro los almacenes (Gonzales *et al.*, 1995c). Se observó que el tamaño y sanidad de los tubérculos de papalisa son más determinantes en las pérdidas de peso, que las condiciones y tiempo de almacenamiento. En condiciones adecuadas de almacenamiento y después de tres meses, las pérdidas de peso en la papalisa de 1 a 2 cm de diámetro (tubérculos pequeños) llegaron al 22% (comunicación personal Willman García⁹ y Erika Vargas¹⁰, 2002).

⁹ Willman García: Coordinador de la Fundación PROINPA en el área de impacto de Colomi (Prov. Chapare).

¹⁰ Erika Guevara: Tesista del Area Temática de Recursos Genéticos de la Fundación PROINPA en Candelaria (Colomi).

c) Pérdidas de peso en el isaño

El isaño comparado con la oca y la papalisa, debido a su alto contenido de agua (85-90%), presentó mayor pérdida de peso en almacén. En almacén tipo “phina” después de 60 días (Cuadro 17) el isaño perdió 23% de peso, esta reducción además de la deshidratación se debió y sequedad de los extremos de los tubérculos.

3.4.3.2. Pérdidas por enfermedades e insectos

En Morochata-Independencia, Colomi y Lope Mendoza, se observó que la incidencia de enfermedades e insectos es más frecuente en los tubérculos de oca que en la papalisa e isaño, debido a su mayor susceptibilidad y porque en ninguno de estos tubérculos se realiza una selección rigurosa antes de almacenarlos. En tres tipos de almacén (vivienda, phina y zarzo), a 60 días de almacenamiento (Cuadro 17), los porcentajes más frecuentes de incidencia de enfermedades en la oca fueron de 20 a 48% principalmente por la presencia de “chancros” y “chaqui ñawi” (*Phoma oxalidicola*), y de 10 a 30% por el daño del gusano de la oca (*Systema* sp.) en Mojón y Morochata y por laqatu (Coleóptera: Escarabidae) y silvi (*Feltia* sp., *Agrostis* spp., *Copitarsia turbata*: Noctuidae) en las zonas de Colomi y Laimé Toro. Sin embargo, los porcentajes de severidad de daño tanto por enfermedades como por insectos, que afectaron la calidad de la semilla de la oca fueron bajos (1 - 8%) (Figura 16) (Gonzales *et al.*, 1995c).

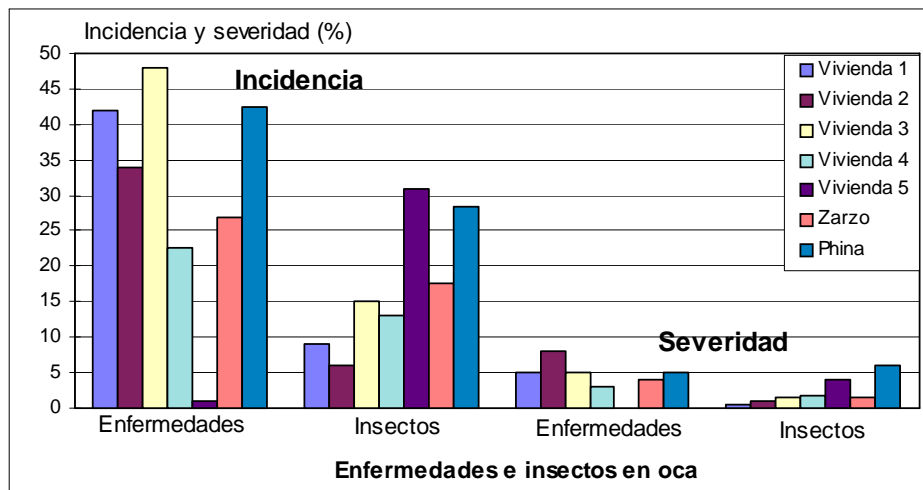


Figura 16. Porcentajes de incidencia y severidad de enfermedades e insectos en tubérculos de oca en siete almacenes en las zonas de Colomi, Lope Mendoza-Totora y Morochata. 1994-95.

Las diferencias de incidencia y severidad de daño por enfermedades e insectos entre los distintos almacenes se explican por las condiciones de almacenamiento y por las características particulares de cada almacén, además que las semillas pertenecieron a diferentes agricultores, donde algunos de ellos seleccionan mejor que otros los tubérculos antes de almacenarlos.

3.4.4. Grado de brotamiento de los tubérculos almacenados

Los tubérculos semilla de oca después de 60 días de almacenamiento en almacenes “vivienda”, presentaron tubérculos sin brote pero más frecuentemente tubérculos con brotes cortos (menores a 1 cm); y en los “zarzos” y “phinas” los tubérculos presentaron brotes menores a 1 cm y entre 1 a 3 cm (Cuadro 18).

Cuadro 14. Porcentajes de brotamiento de tubérculos semilla de oca en Colomi, Lope Mendoza-Totora y Morochata. 1994-95.

Almacenes evaluados	Tubérculos sin brote (%)	Tubérculos con brotes (%)		
		Escala: Longitud de brotes en cm		
		1=< 1 cm	2= 1 a 3 cm	3= > 3 cm
Viviendas (5)*	13.75	77	9.25	0
Phina (1)	0	70	20	10
Zarzo (1)	3	72	22	3

Nota: () El número entre paréntesis indica el número de almacenes evaluados.

* Promedio de 5 almacenes cuyos resultados fueron similares.

Asimismo, la papalisa a 60 días de almacenamiento en almacenes “vivienda” (Kayarani-Colomi y Mojón-Lope Mendoza), presentó 20% de tubérculos sin brote y 80% con brotes menores a 1 cm. Los resultados en el isaño en almacén “phina” fueron algo similares, 25% de los tubérculos no presentaron brotes y 75% brotes menores a 1 cm (Gonzales *et al.*, 1995c).

Los brotes de los tubérculos evaluados fueron por lo general vigorosos y favorecieron a una buena emergencia del cultivo en campo.

También se investigó el efecto de un inhibidor de brotación (Hidrazida maleica) en dosis de 500, 1000 y 2000 ppm, sobre tubérculos semilla de papalisa almacenados por 80 días. Se observó que este inhibidor no afectó el peso e inicio de la brotación de los tubérculos, sin embargo, a nivel de los brotes retrasó la velocidad de crecimiento, es decir disminuyó el peso y longitud de los mismos, a medida de la concentración del producto (Figura 17) (García y Guevara, 2002).

Estos tratamientos con resultados alentadores en la prolongación del período de almacenamiento de la papalisa, una vez confirmados serán recomendados a los agricultores.

3.4.5. Efecto de la luz difusa y oscuridad en la calidad de los tubérculos semilla almacenados

Los efectos de luz difusa y oscuridad en el almacenamiento de tubérculos de oca (var. Pucka ñawi) y papalisa (var. Holandesa) se evaluaron en Mojón (Lope Mendoza) en un almacén “vivienda”; y en el isaño (var. Anaranjada) en silos del Centro Toralapa (Prov. Tiraque).

A 60 días de almacenamiento se determinó que la oca presentó mayores pérdidas de peso (16%) bajo condiciones de luz difusa que cuando el almacenamiento fue en la oscuridad (9%). Contrariamente, el isaño (var. Anaranjada) perdió menos peso con luz difusa (9%) y más en la oscuridad (17%). En la papalisa no se registraron diferencias de pérdida de peso bajo las dos condiciones de luz, registrándose en ambos casos 11% de pérdidas de peso (Cuadro 19) (Gonzales *et al.*, 1996a).

En cuanto al grado de brotamiento, la luz difusa favoreció que los tubérculos de los tres cultivos presenten predominantemente brotes cortos y vigorosos (< 1 cm y entre 1 a 3 cm) después del rompimiento de la dominancia apical (Cuadro 19).

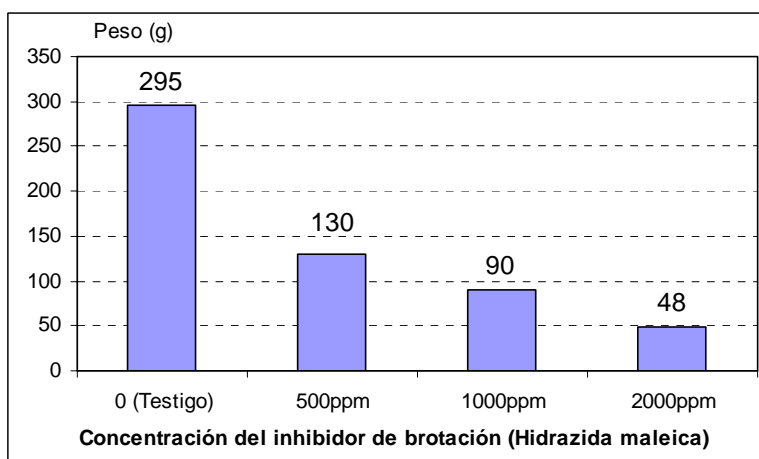


Figura 17. Pérdidas de peso de los brotes de papalisa tratados con el inhibidor de brotación Hidrazida maleica, después de 80 días de almacenamiento.

Cuadro 15. Pérdidas de peso y grado de brotamiento de los tubérculos semilla de oca, papalisa e isaño, almacenados bajo condiciones de luz difusa y oscuridad. Mojón (Lope Mendoza) y Toralapa (Prov. Tiraque). 1995-96.

Condiciones almacenamiento	Pérdidas peso (%)	Tubérculos sin brote (%)	Tubérculos con brote (%) (Escala: longitud brotes en centímetros)		
			Menor a 1 cm	1 a 3 cm	Mayor a 3 cm
OCA	(**)	(**)	(**)	(**)	
Luz difusa	16.0	13.75	77.0	9.25	0
Oscuridad	9.0	1.25	86.0	12.75	0
PAPALISA	Ns		(**)	(**)	(**)
Luz difusa	11.3	0	8.5	25.3	6.8
Oscuridad	11.3	0	16.7	43.8	23.5
ISAÑO	(**)	(**)	(**)		
Luz difusa	9.17	23	77	0	0
Oscuridad	16.7	8.5	91.5	0	0

Nota: ** p=0.01; ns= no significativo.
Fuente: Gonzales *et al.*, 1996.

En condiciones de oscuridad, se estimuló la producción de mayor cantidad de brotes largos en la papalisa (inclusive mayores a 3 cm) y no tanto en el isaño y menos en la oca, teniendo esta respuesta un efecto negativo sobre el vigor de los tubérculos para generar nuevos brotes al tener que ser desbrotaados para la siembra (Gonzales *et al.*, 1996a).

3.4.6. Infraestructura de almacenes familiares de oca y papalisa en la zona de Candelaria

En Candelaria existen almacenes tradicionales que se distinguen de acuerdo a la función del destino del producto. Sin embargo, casi todos no se adecuan para fines de comercialización (Cuadro 20). La oferta de papalisa y oca en el mercado local se concentra en los meses de cosecha (marzo-mayo) (Figura 18), durante este período el mercado se satura con estos tubérculos lo cual genera una sobreoferta que ocasiona la caída de los precios en el mercado de Colomi, a extremos que no cubren los costos de producción.

Cuadro 16. Principales sistemas tradicionales de almacenamiento de tubérculos andinos en la zona de Candelaria.

Sistemas de almacenamiento	Tubérculos almacenados	Propósito del almacenamiento	Cantidades almacenadas (kg)
Phina	Oca y papa	Consumo y semilla	200 a 1000
Pirwa	Oca	Consumo	200 a 500
Vivienda	Oca, papalisa, papa, isaño	Consumo, semilla y venta	300 a 1200
Zarzo	Papa	Consumo y venta	300 a 1000
En la misma parcela sin cosechar	Papalisa	Venta	Mayor a 500
A la intemperie	Isaño	Consumo de cerdos	Depende de la cantidad producida

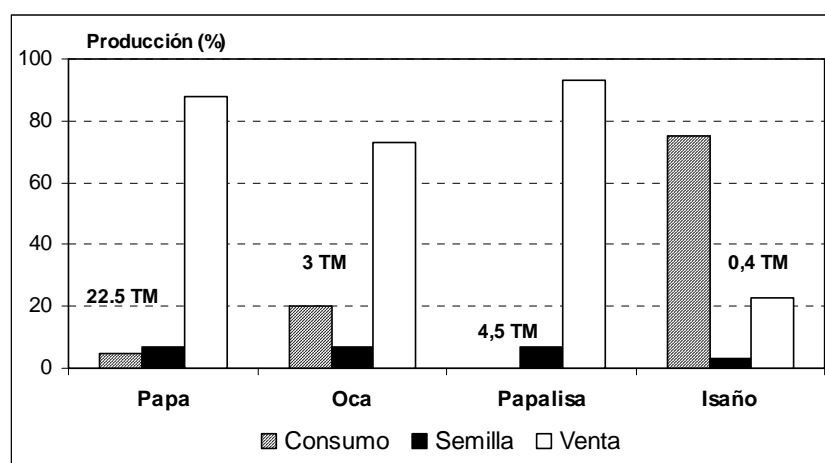


Figura 18. Volumen de venta, consumo y semilla en relación al total de la producción de papa, oca, papalisa e isaño, en la zona de Candelaria en los meses de marzo a mayo.

Para evitar estos problemas de sobreoferta, se diseñó y construyó participativamente con los agricultores, un modelo de almacén familiar adecuado a las condiciones sociales y climáticas de Candelaria en base a un modelo de almacén rústico construido en el Centro Toralapa (Prov. Tiraque). Los agricultores sugirieron modificaciones en dicho modelo, como la construcción de una puerta que mejore la funcionalidad del almacén para la carga y descarga del producto, e incluir en la base del interior una rejilla tipo almacén "zarzo". Ello se hizo tomando en cuenta los principios de almacenamiento como la ventilación, control de luz o semioscuridad, humedad y mantenimiento de bajas temperaturas (Figura 19) (Oros y Villarroel, 1999; Oros *et al.*, 2000).

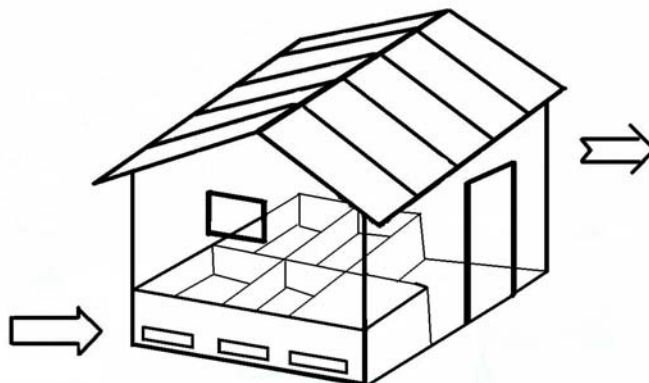


Figura 19. Modelo definitivo de almacén familiar para tubérculos de oca, papalisa, papa e isaño, destinados a la comercialización.

Siguiendo los lineamientos del modelo concensuado, hasta la gestión 1999-2000 se construyeron tres almacenes con material propio del lugar, cada uno con una capacidad máxima de una tonelada y media en las comunidades de Rodeo Alto y Chimpa Rancho (Gonzales y Terrazas, 2001). Estos almacenes están siendo validados con determinadas cantidades de oca y papalisa. Con la utilización de estos almacenes se espera almacenar estos tubérculos por 3 a 5 meses, de tal manera que puedan comercializar en los meses de noviembre y diciembre que es cuando los precios son mayores (Figura 20).

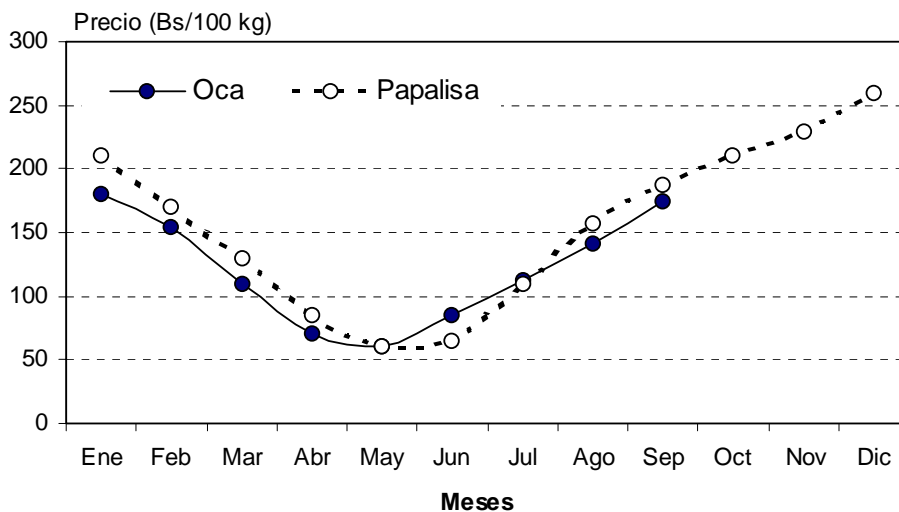


Figura 20. Variación de los precios de oca y papalisa en la feria de Colomi. Colomi, 2000-2001.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, V., A. GANDARILLAS, E. N. FERNANDEZ-NORTHCOTE. 1992. Selección Positiva: una técnica de producción de tubérculos semilla de papa. Manual Técnico 2/92. Programa de Investigación de la Papa IBTA- PROINPA, PROGRAMA ANDINO COOPERATIVO DE INVESTIGACION EN PAPA (PRACIPA). Cochabamba, Bolivia. 11p.
- ANTEZANA, L. F. 2001. Determinación del rendimiento potencial de cultivares priorizados de papa (*Solanum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*), en el departamento de Cochabamba. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias "Dr. Martín Cárdenas", UMSS. Cochabamba, Bolivia. 117p.
- BADANI, A., G. AGUIRRE, C. L. VILLARROEL. 1997. Limpieza viral. En: Informe anual 1996-97 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 4p.
- BIDWELL, R. G. S., 1979. Fisiología Vegetal; Traducido del Ingles por Guadalupe Gerónimo Cano y Manuel Garcidueñas. México D.F. 784p: 410-411.
- COSSIO, R. 1998. Descripción y evaluación del sistema de producción de la papalisa (*Ullucus tuberosa*) en la zona de Sapanani. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias "Martín Cárdenas", Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 100p.
- FERNANDEZ, G., JOHNSTON, M. 1986. Fisiología vegetal experimental. San José (CR), IICA: Serie de Libros y Materiales Educativos No. 58. pp 213-214.
- GARCÍA, W., E. GUEVARA. 2002. Evaluación de un inhibidor de brotación de papalisa en almacén en Candelaria. En: Informe anual 2001-2002 Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 2p.
- GONZALES, S. 1992. Evaluación de almacenes tradicionales y su efecto en la calidad de tubérculos semilla de papa en Cochabamba. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Técnica de Oruro. Oruro, Bolivia. 95p.
- GONZALES, S., A. DEVAUX, P. CONDORI, F. TERRAZAS. 1994. Determinación de los factores limitantes de la producción y uso de las RTA's (Agrofisiología). En: Informe anual 1993-94 IBTA -PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Pp.IX18-IX35.
- GONZALES, S., A. DEVAUX, P. CONDORI, G. VALDIVIA. 1995a. Estudios de fertilización en las RTA's: La producción de oca (*Oxalis tuberosa*) en respuesta al efecto remanente de fertilización mineral aplicados al cultivo de papa. En: Informe anual 1994-95 IBTA -PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Pp.IX46-IX50.
- GONZALES, S., A. DEVAUX, P. CONDORI, G. VALDIVIA. 1995b. Estudios de fertilización en las RTA's: Estudio de los niveles de fertilización mineral y orgánica aplicada por los agricultores en la siembra de RTA's. En: Informe anual 1994-95 IBTA -PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Pp.IX51-IX52a.
- GONZALES, S., A. DEVAUX, P. CONDORI. 1995c. Determinación de los niveles de pérdidas fisiológicas y patológicas en las diferentes formas de almacenamiento de tubérculos semillas de RTA's a nivel de agricultores. En: Informe anual 1994-95 IBTA -PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Pp.IX29-IX33.

- GONZALES, S., J. ALMANZA, A. DEVAUX. 1996a. Efecto de las condiciones de almacenamiento de luz difusa y oscuridad sobre la calidad de tubérculos semilla de oca, papalisa e isaño. En: Informe anual 1995-96 IBTA –PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Pp.IX59-IX62.
- GONZALEZ, S., J. ALMANZA, E. N. FERNANDEZ-NORTHCOTE, R. COSSIO. 1996b. Selección positiva para la obtención de tubérculos semilla de papalisa (*Ullucus tuberosus*) y oca (*Oxalis tuberosa*) de mejor calidad. En: Informe anual 1995-96 IBTA –PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Pp.IX69-IX72.
- GONZALES, S., V. IRIARTE. 1997. Selección positiva en oca y papalisa. En: Informe anual 1996-97 IBTA –PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 10p.
- GONZALES, R., F. TERRAZAS. 2001. Mejoramiento de los sistemas de almacenamiento de papalisa y oca en Candelaria. En: Informe anual 2000-01 Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 5p.
- IRIARTE, V., S. GONZALES, G. AGUIRRE. 1998. Selección positiva de papa y papalisa. En: Informe anual 1997-98 IBTA-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 9p.
- OROS, R., T. VILLARROEL. 1999. Estudios de post cosecha para mejorar el sistema de almacenamiento tradicional en papalisa. En: Informe anual 1998-99 Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 3p.
- OROS, R., F. TERRAZAS, R. GONZALES. 2000. Mejoramiento de los sistemas tradicionales de almacenamiento de tubérculos andinos (semilla y comercialización) en Candelaria (zona Colomi). En: Informe anual 1999-00 Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 3p.
- PATIÑO, F. 2000. Rendimiento potencial de papa nativa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena* y *stenotomum*), papalisa (*Ullucus tuberosus*), oca (*Oxalis tuberosa*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*), en la localidad de Candelaria (prov. Chapare, Cochabamba). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias “Dr. Martín Cárdenas”, UMSS. Cochabamba, Bolivia. 94p.
- QUISPE, C., A. DEVAUX, S. GONZALES, C. TOURNEUX, R. HIJMANS. 1997. Evaluación comparativa del desarrollo y crecimiento de papa, oca e isaño en Cochabamba, Bolivia. Revista Latinoamericana de la Papa Vol. 9/10: 140-155.
- TAPIA, M. E. 1985. Avances en las investigaciones sobre tubérculos alimenticios de los Andes. PISA – IICA –CIID. Lima, Perú. 114p.
- VALDIVIA, M.G. 1996. Estudio del crecimiento y desarrollo agrofisiológico en los cultivos de oca (*Oxalis tuberosa*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*) en respuesta a la fertilización mineral. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias “Martín Cárdenas”. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 112p.
- VILLARROEL, C. L. 199?. Técnicas de cultivo de tejidos para la producción de plantas de papa de alta calidad fitosanitaria. Programa de Investigación de la Papa, IBTA-CIP-COTESU. Cochabamba, Bolivia. 6p.
- VILLARROEL, C. L. , Ma. L. UGARTE. 2000. Saneamiento de variedades del grupo elite de papa, oca y papalisa en Toralapa. En : Informe anual 1999-2000 Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 3p.