

Evaluación Comparativa del Desarrollo y Crecimiento de Papa, Oca e Isaño en Cochabamba, Bolivia

C. Quispe¹, A. Devaux¹, S. Gonzalez³, C. Tourneux⁴, R. Hijmans⁵

Resumen

En la gestión agrícola 1995-1996 se evaluó el desarrollo y crecimiento de los cultivos de papa, oca e isaño en la Estación Experimental Toralapa (3,450 msnm). Se realizaron observaciones en las fases de desarrollo considerando los macroestadios (porcentaje de emergencia, inicio de la tuberización, inicio de la floración y madurez fisiológica). Para el análisis de crecimiento se efectuaron 10 muestreos destructivos periódicamente para obtener el peso seco de los diferentes órganos de la planta. Los resultados obtenidos demostraron que la papa (variedad Waych'a) es más precoz en el desarrollo respecto a la oca e isaño llegando a su completa madurez fisiológica a los 175 días después de siembra. La oca (variedad Puka ñawi) e isaño (variedad Anaranjada) requieren un período mayor a los 200 días después de la siembra para llegar a su completa madurez fisiológica. Los tres cultivos completan sus fases de crecimiento en diferentes períodos, además se ha observado que el cultivo de oca requiere un mayor tiempo para llegar a completar su última fase de crecimiento. La papa presenta una tasa de crecimiento de cultivo mayor (26.9 g/m²*día) respecto a la oca e isaño (9.9 y 17.31 g/m²*día). La papa presenta también un mayor índice de Área Foliar (4.5 m²/m²) con respecto a la oca e isaño (2.5 y 3.6 m²/m², respectivamente). En cuanto al rendimiento final, se registró 30.3 t/ha en la papa, 21.9 t/ha en la oca y 33.2 t/ha en el isaño. Cabe mencionar que el isaño presenta un mayor contenido de agua en tubérculos (90%) frente a la oca (84%) y la papa (75.1%).

Aceptado para publicación: mayo 1997.

1 Tesista, IBTA-PROINPA (Convenio IBTA-CIP-COSUDE), Casilla 4285, Cochabamba, Bolivia.

2 Investigador del Centro Internacional de la Papa (CIP), IBTA-PROINPA, Casilla 4285, Cochabamba, Bolivia.

3 Investigadora IBTA-PROINPA. Responsable del Subproyecto Factores Limitantes de Producción de Tubérculos Andinos.

4 Investigador ORSTOM, IBTA-PROINPA.

5 Investigador del Centro Internacional de la Papa, Apartado 1558, Lima 12, Perú.

Palabras claves adicionales: tubérculos andinos, parámetros de crecimiento, materia seca, rendimiento.

Comparative Evaluation of the Development and Growth of the Potato, Oca, and Isaño in Cochabamba, Bolivia

Summary

During 1995-96, a study was conducted on the development and growth of the potato, oca and isaño crops under the environmental conditions of the Toralapa Experimental Research Station (3,450 masl). The study was done in a descriptive form based on polynomial and logistic regressions.

Observations were made taking into account the macrostages of the development phases (% of emergence, beginning of tuberization, beginning of flowering period, and physiological maturity). For the growth analysis, 10 destructive samplings were done periodically to obtain the dry weight of the different plants' organs.

The results obtained showed that the potato (var. Waych'a) presented a faster development than the oca and isaño crops, reaching complete physiological maturity at 175 DAP (Days After Planting). The oca (var. Puka ñawi) and isaño (var. Anaranjada) required a period longer than 200 DAP to reach complete physiological maturity.

The growth phases of the three crops were achieved at different times, and it was observed that the oca crop needed more time to complete its last growth phase. The potato showed a Crop Rate Growth (26.9 g/m²*day) which was more than that of oca and isaño (9.9 and 17.31 g/m²*day). The potato also presented a higher Leaf Area Index (4.5m²/m) than oca and isaño (2.5 and 3.6m²/m²). As regards to total yield, the potato produced 30.3 t/ha, oca 21.9 t/ha and isaño 33.2 t/ha. It should be mentioned that isaño presented a higher percentage of water content (90%) than oca (86%) and potato (75.1%).

The potato and isaño crops had a better yield than oca under the crop management and agroclimatological conditions of the Toralapa Experimental Research Station, where the average temperature was 9.9 C and the rainfall 623 mm.

Additional index words: growth parameters, yield, dry matter, Andean tubers.

Introducción

El estado de la planta es determinado tanto por procesos de crecimiento como de desarrollo (16). El desarrollo puede entenderse como el paso a través de fases fenológicas consecutivas y se caracteriza por una ordenada tasa de aparición de órganos vegetativos y reproductivos (9,13). El desarrollo es un proceso irreversible de cambios en un organismo, con un patrón más o menos fijo según la especie (7), pero las sucesivas etapas del desarrollo no siempre son fácilmente reconocibles. El desarrollo se relaciona con el crecimiento a través de la tasa de repartición de asimilatos entre los órganos de la planta (3,14). Dos aspectos del crecimiento de los cultivos merecen especial atención: la tasa de crecimiento y la eficiencia del proceso de crecimiento (14).

Beadle (2), Calwson et al. (6) y Ali et al. (1) mencionan que los componentes clásicos del análisis de crecimiento giran en torno a la materia seca e incluyen índices fisiotécnicos como la partición de asimilación, tasa de crecimiento y el índice de área foliar. Beadle (2) menciona que para el análisis de crecimiento solamente se necesitan dos tipos de mediciones: el tamaño del sistema asimilatorio y el peso seco de la planta (hojas, tallos, raíces, tubérculos, frutos).

Con la excepción de la papa, hay muy pocos estudios del desarrollo y crecimiento de tubérculos andinos como la oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosum*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*). Valladolid Rivera et al. (1984) hicieron un estudio en Allpachaka, departamento de Ayacucho, Perú a 3,600 msnm. Encontraron diferencias en los índices de producción primaria de papa, mashua y olluco, como el peso seco total, la tasa de crecimiento del cultivo, el peso seco de los tubérculos, la intensidad de crecimiento relativo, el índice de área foliar y la tasa de asimilación neta.

En Bolivia, hay pocas investigaciones realizadas en el desarrollo y crecimiento de los tubérculos andinos como la oca y el isaño. Para la subespecie *andigena* de la papa tampoco hay muchos estudios efectuados en cuanto al crecimiento, considerando los índices fisiotécnicos importantes en el desarrollo de la planta.

Por lo señalado, se ha efectuado el presente estudio con el objetivo de determinar y comparar las principales características de desarrollo y crecimiento de los cultivos de papa, oca e isaño.

Materiales y Métodos

El ensayo fue conducido en la Estación Experimental Toralapa ubicada en la provincia Tiraque del Departamento de Cochabamba. La estación está sobre una altitud de 3,450 msnm y tiene una temperatura media anual de 11°C y una precipitación media anual de 500 mm.

Para el estudio se utilizaron tres especies de tubérculos andinos: papa (ssp. *andigena*), var. Waych'a; oca, var. Puka ñawi; e isaño, var. Anaranjada. La siembra de los cultivos se realizó el 18 de octubre de 1995, bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. La densidad de los tres cultivos fue 4.7 plantas/m² (30 cm entre plantas y 70 cm entre surcos). Cada unidad experimental estuvo compuesta de cinco surcos, cada uno de 7.5 m de largo. El estudio tuvo un carácter descriptivo del desarrollo y crecimiento vegetal. Para el análisis de la información se aplicaron regresiones polinomiales y logísticas usando los datos observados.

Las evaluaciones que se realizaron fueron las siguientes:

Desarrollo

Se realizaron observaciones periódicas cuali-cuantitativas. Dentro de las evaluaciones cualitativas, se evaluaron los estados de desarrollo más importantes en la planta (macroestadios): como la emergencia (considerando la presencia de 80% de las plantas), inicio de la tuberización, inicio de la floración y madurez fisiológica. Para el desarrollo cuantitativo fueron considerados el número de folíolos por planta y el número de tubérculos producidos por planta clasificándolos por tamaño (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación por tamaños de tubérculos de papa, oca e isaño.

| Cultivos | Tamaños de los tubérculos | | | | | | | |
|------------|---------------------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | I | | II | | III | | IV | |
| | Diámetro (cm) | Largo (cm) | Diámetro (cm) | Largo (cm) | Diámetro (cm) | Largo (cm) | Diámetro (cm) | Largo (cm) |
| Papa (*) | >5.5 | ---- | 4-5.5 | ---- | 3-4cm | ---- | <3 cm | --- |
| Oca (**) | ---- | >12 | ---- | 9-12 | ---- | 6-9 | -- | <6 |
| Isaño (**) | ---- | >10 | ---- | 8-10 | ---- | 5-8 | -- | <5 |

* Según el Programa de Investigación de la Papa (PROINPA).

** Según forma de clasificación usada por los agricultores.

Crecimiento

Se efectuaron 10 muestreos destructivos cada dos semanas a partir de los 63 días después de siembra (DDS) y durante todo el ciclo de cultivo. Para los muestreos, se tomaron tres plantas por unidad experimental. Se fraccionaron las muestras extraídas en sus respectivos órganos (folíolos, pecíolos, tallos, raíces y tubérculos) que luego fueron pesados. De cada una de ellas se tomó una muestra fresca significativa (250 g) que fue introducida a un horno de secado cuya temperatura fluctuó entre 80 y 90°C, por un tiempo de 48 horas. Una vez concluido el ciclo vegetativo, en cada cultivo se midió el peso fresco y seco de los ensayos de un total de 30 plantas, las cuales estaban ubicadas en una parte de la parcela no afectada por los muestreos periódicos.

Resultados

Condiciones climatológicas

Durante la fase de investigación, las condiciones climatológicas de la Estación Experimental Toralapa presentaron una temperatura máxima promedio de 18.3°C, y la mínima promedio fue de 1.6°C. En los meses de marzo y abril se observaron heladas, una de ellas se presentó el 20 de marzo (-0.4°C) y la otra fue la segunda semana de abril (-1°C). En mayo la incidencia de heladas fue más frecuente y afectó los cultivos. Durante la campaña, las precipitaciones fueron regulares y llegaron a un total acumulado de 623 mm en todo el período de cultivo de la papa, oca e isaño (Figura 1). Se registró una mayor precipitación en los meses de diciembre y enero llegando a un máximo de 109 mm en 10 días.

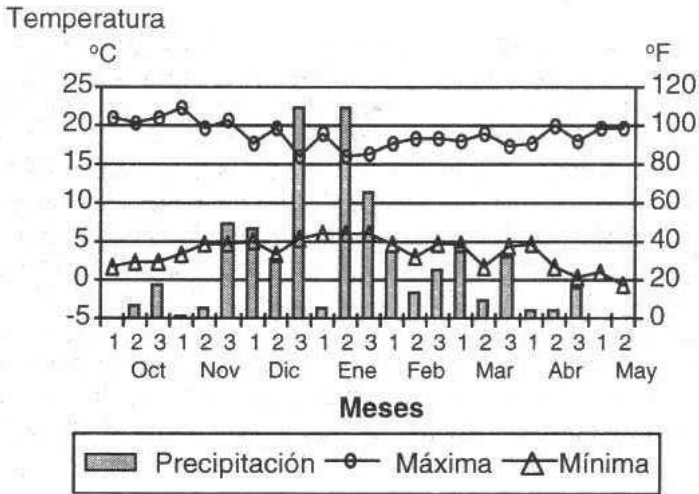


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas y precipitaciones de canales durante el período de ensayo.

Desarrollo

Comparando los parámetros cualitativos de los cultivos, se observa que la papa es el cultivo más precoz en la emergencia, inicio de tuberización, floración y madurez fisiológica, seguido del isaño, aunque su floración es más tardía que la de la oca (Tabla 2). La papa llega a su madurez fisiológica a los 175 días después de siembra (DDS). En cambio, en la oca e isaño, el inicio de la madurez fisiológica se da después de los 200 DDS, porque no llegaron a su completa madurez fisiológica debido a las heladas (Tabla 2).

Tabla 2. Principales fases de desarrollo de los cultivos de papa, oca e isaño, 1995-1996.

| Cultivos | Fases de desarrollo | | | |
|-------------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | 80% emergencia | Inicio tuberización | Inicio floración | Madurez fisiológica |
| Papa (var. Waych'a) | 44 DDS | 80 DDS | 118 DDS | 175 DDS |
| Oca (var. Puka ñawi) | 61 DDS | 120 DDS | 132 DDS | 200 DDS (*) |
| Isaño (var. Anaranjada) | 44 DDS | 120 DDS | 154 DDS | 200 DDS (*) |

* Se considera el inicio a la madurez fisiológica (efecto de la helada).
 DDS = días después de siembra

Para determinar los parámetros cuantitativos de desarrollo de los tres cultivos, se tomó el número de folíolos totales por planta⁶ y el número total de tubérculos por planta. En la Figura 2a, se observa que los tres cultivos llegan a producir un número de folíolos superior a las 1,000 unidades durante el ciclo de cultivo. El cultivo de la papa registra a los 125 DDS su máximo número de folíolos (1,060 unidades), en cambio la oca e isaño llegan a contar con un número de folíolos superiores o igual a la papa a los 175 DDS. La Figura 2b muestra que la oca presenta un mayor número de tubérculos llegando aproximadamente a 44 tubérculos por planta, con un mayor número de tubérculos de tamaño III y IV (menores a 12 cm de largo). El isaño llega a producir 28 tubérculos por planta con una mayoría de tamaños II, III y IV (menores a los 10 cm de largo), en cambio la papa produjo un máximo de 27 tubérculos por planta de tamaño I, II y III mayores a 3 cm.

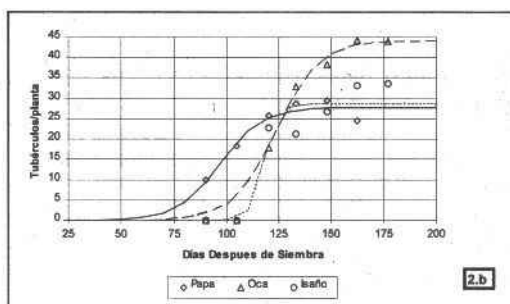
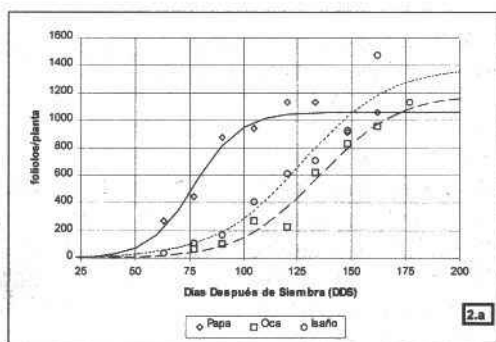


Figura 2. (a) Número de folíolos por planta; (b) número de tubérculos por planta en papa, oca e isaño.

⁶ Los cultivos motivo de este estudio tienen características morfológicas distintas en cuanto al tipo de hojas: la papa tiene una hoja compuesta por 7-8 folíolos, la oca es trifoliada y el isaño tiene hoja simple

Crecimiento

El análisis de crecimiento y su interpretación, se realizó con ecuaciones logísticas y polinomiales de regresión usando los datos observados.

Fitomasa total

Se puede distinguir tres fases de crecimiento: la fase exponencial o inicial, la fase lineal y la fase de senilidad (3). En la Figura 3, se presenta el ajuste sigmoideal de la curva de crecimiento para los tres cultivos de estudio, tomando las medias de las repeticiones en base a los datos de acumulación de materia seca en las diferentes fechas de muestreo. En la Tabla 3 se presenta la duración de las diferentes fases de crecimiento de los cultivos.

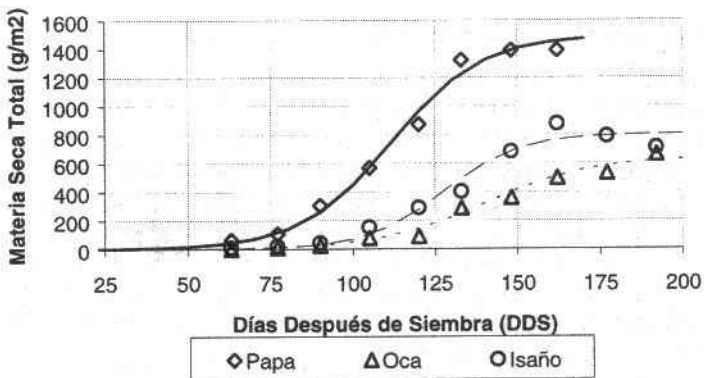


Figura 3. **La acumulación de materia seca en el tiempo (funciones logísticas), año en el tiempo.**

| 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 160 | 148-200 |

DDS = días después de siembra en las diferentes fases de los cultivos

La Figura 3 y la Tabla 3 indican que los cultivos papa e isaño llegan a su fase de crecimiento lento a los 130 y 148 días después de siembra (DDS) respectivamente. A partir de esta fecha estos cultivos presentan una estabilidad en la materia seca como se observa en la curva de crecimiento. En cambio en el cultivo oca, la fase lineal de crecimiento culmina aproximadamente a los 160 DDS, a partir de este punto, asumimos que empieza su última fase de crecimiento lento o senil, la que por la helada no pudo completarse.

Considerando los tres cultivos, la papa es el cultivo que tiene la mayor acumulación de materia seca, superior a la oca y al isaño en un período vegetativo corto. La oca presenta la menor acumulación de materia seca, observando que ésta requiere un mayor tiempo para estabilizar su materia seca total en su fase de crecimiento senil. El isaño es el cultivo intermedio al presentar una menor cantidad de materia seca respecto a la papa, y mayor a la oca.

Tasa de Crecimiento de Cultivo (TCC)

La TCC es el incremento de materia seca por día y en una determinada superficie. La TCC cambia en función del tiempo. Se ha estimado la TCC con la derivada de las funciones logísticas presentadas en Figura 3. En la Figura 4 se observa que la papa tiene una mayor tasa de crecimiento llegando a 26.9 g/m²*día a los 110 DDS, determinando que es el punto máximo de producción de materia seca a la que llega este cultivo. El isaño llega a producir su máxima materia seca a los 130 días con 17.31 g/m²*día, en cambio la oca cuenta con menos producción de materia seca, su máxima tasa de crecimiento es de 9.9 g/m²*día a los 140 días.

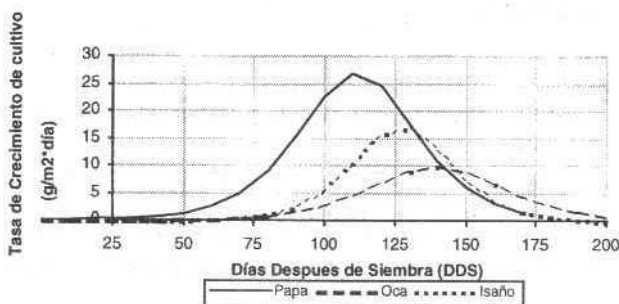


Figura 4, Tasa de crecimiento de papa, oca e isaño

Índice de Área Foliar (IAF)

El IAF expresa la superficie de las hojas sobre la superficie del suelo. Se consideró la superficie del folíolo (descartando los pecíolos), por ser el órgano más importante en la transformación de asimilatos. En la Figura 5 se puede observar que la papa, oca e isaño llegan a tener un IAF de 1 (m²/m²) a los 70, 110 y 100 DDS, respectivamente. La papa obtiene el mayor índice máximo, con 4.5 m²/m², la oca llega a 2.5 y el isaño a 3.6.

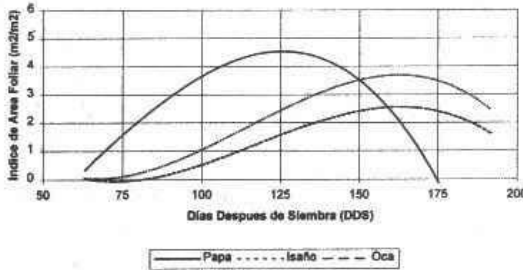


Figura 5. Índice de área foliar en el tiempo de la papa, oca e isaño

Materia seca de los tubérculos

La acumulación de materia seca en los tubérculos expresadas en la Figura 6, muestra que la papa produce más que la oca y el isaño llegando a obtener en su etapa final de crecimiento, a los 150 DDS, 980 g/m². Con 500 g/m² la oca sobresa levemente respecto al isaño que alcanzó 400 g/m² en la etapa final de crecimiento de tubérculos.

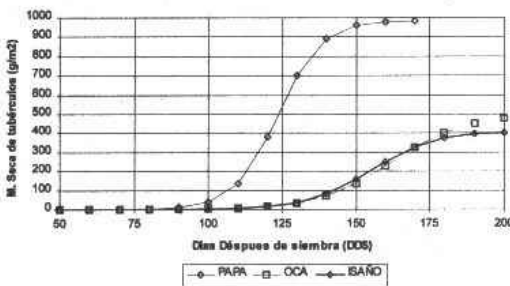
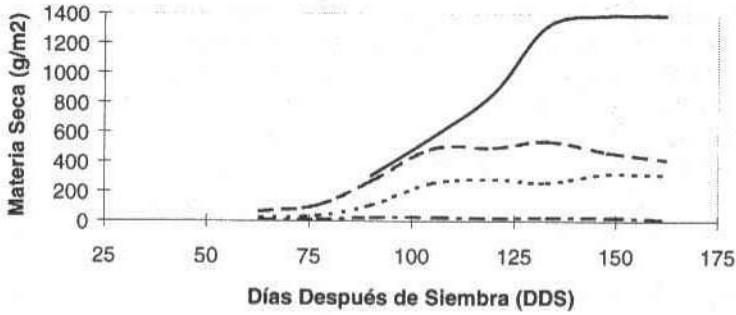


Figura 6. Crecimiento en el tiempo de tubérculos de papa, oca e isaño (materia seca).

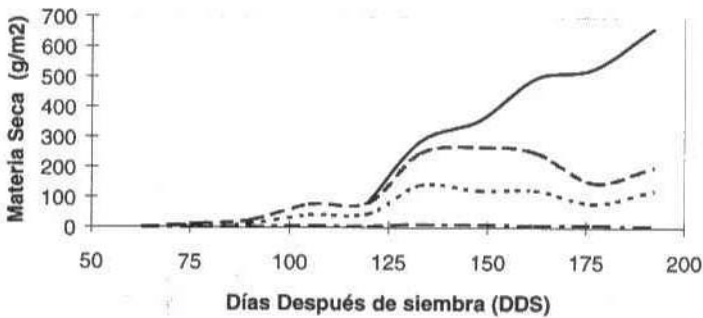
Distribución de asimilatos

Los asimilatos producidos por la planta mediante la fotosíntesis, y expresados en materia seca, se distribuyen a los órganos aéreos de la planta (tallos, folíolos y pecíolos) durante la primera etapa de

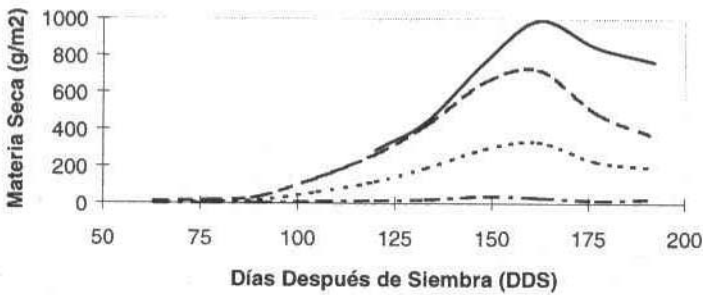
crecimiento de los tres cultivos (Figura 7). En la etapa intermedia o fase lineal de crecimiento, se acentúa la traslocación de asimilatos a los tubérculos (Figura 7a).



7.a



7.b



7.c

--- Raíces - - - - Tallos - - - - Hojas ——— Tubérculos

Figura 7. Distribución de materia seca entre los diferentes órganos: papa (a), oca (b) e isaño (c)

La oca registra una mayor distribución de materia seca en los tallos en su primera y segunda fase de crecimiento, y a medida que éste avanza, esta distribución aumenta hacia los tubérculos y se estabiliza alrededor de los 177 días (Figura 7b). En el isaño, la mayor acumulación de materia seca se observa en la parte aérea en la primera y segunda fase de crecimiento, con una concentración casi constante en los tallos durante todo el ciclo de cultivo. Es sólo en la etapa final de crecimiento que la traslocación de asimilatos producidos hacia los tubérculos es más importante y sigue creciendo hasta los 192 días, lo que indicaría que este cultivo no llegó a su total madurez fisiológica por efecto de las heladas (Figura 7c).

Rendimiento

Los rendimientos en tubérculos por unidad de superficie indican la superioridad del isaño y la papa (33.25 y 30.35 t/ha respectivamente), respecto a la oca que presentó el rendimiento más bajo (21.97 t/ha).

Entre los tres cultivos, el rendimiento en estado fresco del isaño fue superior respecto a la papa, en cambio el rendimiento en materia seca de la papa fue superior, indicando un mayor contenido de agua en los tubérculos del isaño (Figura 8).

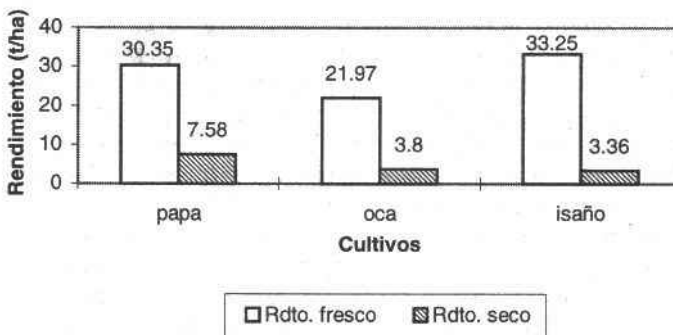


Figura 8. Rendimiento fresco y seco de la papa, oca e isaño.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de los valores de los índices fisiotécnicos mencionados anteriormente (TCC, IAF) y el rendimiento. Se puede observar que la papa presentó la mayor TCC, mayor IAF y rendimiento en materia seca. El cultivo de la oca tuvo menores TCC, IAF y rendimiento, respecto a la papa e isaño.

Tabla 4. Índices fisicotécnicos y rendimiento de materia fresca y seca de papa, oca e isaño.

| Cultivos | TCC (g/m ² día) | IAF máximo (m ² /m ²) | Rdto. fresco (t/ha) | Rdto. seco (Mía) |
|------------------------|-------------------------------|---|------------------------|---------------------|
| Papa (var Waych'a) | 26.9 | 4.5 | 30.4 | 8.0 |
| Oca (var Puka ñawi) | 9.9 | 2.5 | 22.0 | 3.4 |
| Isaño (var Anaranjada) | 17.3 | 3.6 | 33.3 | 3.3 |

Discusión

En el proceso de desarrollo de los cultivos se ha observado un comportamiento normal de la papa en sus diferentes fases de desarrollo. La oca e isaño se caracterizan por su rusticidad (4,5) y requieren un tiempo mayor a los 200 DDS para completar su ciclo vegetativo; este no pudo ser evaluado completamente porque los cultivos fueron afectados por las heladas de abril y mayo.

Al realizar la cuantía de folíolos y el número de tubérculos producidos por la planta, se observó que la oca y el isaño presentaron un comportamiento similar, pero diferente al de la papa que produce un número de folíolos superior y un número de tubérculos inferior. Al contrario, los valores de IAF son superiores para el cultivo de la papa respecto a la oca e isaño. La diferencia en la arquitectura de la planta de los tres cultivos explicaría estos valores obtenidos. El cultivo de la papa se caracteriza por tener un tallo semi-erecto y simpodial el cual le permite contar con una mayor cobertura (12,18). En la oca, el crecimiento de la parte aérea es monopodial, con un tallo erecto, y poca ramificación lateral, lo que implica una cobertura del follaje menor respecto a la papa e isaño y un menor índice de área foliar. El cultivo del isaño presenta tallos rastreros, con una mayor ramificación que favorece un mayor IAF que la oca.

Se han obtenido valores de IAF de 4.2; 2.5 y 3.6 m²/m² para la papa oca e isaño respectivamente, concordando en la papa con los datos encontrados por Valladolid et al (19) con 4.2 m²/m² utilizando una densidad de 2.5 plantas/m² y Ramos (15) con 4.5 m²/m². En cambio para el isaño, Valladolid et al (19) encontraron valores de 2.5 m²/m² de IAF más bajos que las muestras. Los valores más bajos de IAF del cultivo de la oca se deberían al hecho que las condiciones

agroecológicas de Toralapa no son óptimas para su desarrollo.

Se observó un mayor número de tubérculos por planta en la oca pero la mayoría eran menores a los 5 cm. de largo. Se asume que los tubérculos no desarrollaron más por no estar este cultivo en su medio agroecológico óptimo. La diferenciación respecto al inicio de la tuberización no es muy representativa en el isaño por cuanto el engrosamiento de los estolones producido en esta especie no es un buen indicador. En la papa y la oca se observó claramente un engrosamiento en la parte apical del estolón, considerándose como un tubérculo cuando esta parte llega a un tamaño doble del diámetro del estolón. Para el isaño, se recurrió a la regla usada por Kooman y Spitters (8) quienes indican que el inicio de la tuberización se define cuando la materia seca de los tubérculos sobrepasa 1 g/m^2 .

En las evaluaciones de crecimiento, se ha observado una mayor acumulación de materia seca en el cultivo de la papa con respecto a la oca, e isaño. Igualmente, la tasa de crecimiento del cultivo fue mayor en la papa con 27.8 g/m^2 por día y fue superior a lo observado por Valladolid et al. (19) en Perú.

La papa presentó los mayores índices de TCC, IAF, TCTb ($26.9 \text{ g/m}^2 \text{ día}$; $4.5 \text{ m}^2/\text{m}^2$; $32.1 \text{ g/m}^2 \text{ día}$ respectivamente) y de rendimiento en materia seca. El isaño presentó los índices intermedios (TCC $17.4 \text{ g/m}^2 \text{ día}$, IAF $3.6 \text{ m}^2/\text{m}^2$) y rendimiento (33.25 t/ha). El rendimiento fresco fue mayor por el hecho que el isaño presenta un mayor contenido de agua en los tubérculos. León (11) y Valdivia (20) reportaron un 12.6% de materia seca para el isaño. En este ensayo se observaron valores de 10% de materia seca para el isaño, 16% para la oca y 26% para la papa. Podría ser que el rendimiento de la oca podría ser más elevado bajo condiciones agroclimáticas más favorables y adaptando la densidad de plantación al tipo de crecimiento de este cultivo.

Se recomienda continuar con estudios agrofisiológicos de estos cultivos bajo otras condiciones agroclimáticas para establecer su potencial de producción y conseguir más información que permitirá elaborar modelos de crecimiento y producción.

Este trabajo fue ejecutado dentro del marco del Subproyecto Factores Limitantes de Producción de Tubérculos Andinos que es parte del Programa Colaborativo de CONDESAN: "Manejo de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos" financiado por COSUDE bajo la administración del Centro Internacional de la Papa. También queremos agradecer al Dr. Nicolás Germain de la ORSTOM por sus consejos en la realización del presente trabajo y al Ing. Jorge Pascuali, Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, por sus sugerencias a este artículo.

Referencias Bibliográficas

1. Ali, J.; Herbas, J.; La Torre, J. 1990. Análisis de crecimiento de cuatro variedades de haba (*Vicia faba* L.) a dos densidades. Revista de Agricultura 16 :14-20.
2. Beadle, C.L. 1988. Análisis de Crecimiento Vegetal. En: Técnicas de fotosíntesis y bioproductividad. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México: 17-21.
3. Bedwell, R. 1990. Fisiología Vegetal. Editorial Calipso, México D.F. 784 p.
4. Blanco, O. 1977. Investigaciones en oca y tarwi en la Universidad Del Cuzco. En: Curso de Quinua. Ministerio de Alimentación. IICA-Fondo Simón Bolívar. UNA - Perú.
5. Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia Segunda Edición. Editorial Amigos del Libro Cochabamba, Bolivia.
6. Clawson, K.L.; Specht, B.L. 1986. Blad growth analysis of soybean isolines differing in pubescence density. Agron J. 78: 164-172.
7. Goudriaan, J.; van Laar, H. 1994. Modelling potential growth processes, Textbook with exercises. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holanda 238 p.
8. Kooman, P.L.; Spitters, C.J. 1995. A coherent set of model to simulate potato growth. En: Modelling and parameterization of the soil - atmosphere system. A comparison of potato growth models. P. Kabat, B. Marshall, B.J. van der Broek, J. Vos y H. van Keulen (eds.). Wageningen Press, Wageningen, Holanda, p. 253- 274.
9. Keulen, H.; van Wolf, J. 1986. Modelling of agricultural production: weather, soil and crops, PUDOC. Wageningen, Holanda. 479 p.
10. Lescano J.L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos. Convenio: INADE/PELT-COTESU, Puno, Perú. 459 p.
11. León, J. 1964. Plantas alimenticias andinas, (IICA. Boletín Técnico, No. 6), Lima, Perú. IICA. 112 p.
12. Loayza, P. 1988. Control químico de la *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary en el cultivo de la papa en la región de Independencia. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 133p.
13. Lira, S.R. 1994. Fisiología vegetal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Editorial Trillas, México. 213 p.
14. Penning de Vries, F.W.T.; Jansen, D.M.; ten Berge, H.F.; Bakema, A. 1989. Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops PUDOC. Wagenengen, Holanda. 271 p.

15. Ramos, J.L. 1994. Efecto de la humedad del suelo y la infección de *Nacobbus aberrans* en el comportamiento agrofisiológico de los cultivares Alpha (*S. tuberosum*) y Waych'a (*S. andigena*) Tesis, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. 82 p.
16. Ritchie, J.T.; Nesmith, D.S. 1991. Temperature and crop development. En: Modelling plant and soil Systems - Agronomy monograph N° 31 . ASA - CSSA- SSSA, Madison, EE.UU.. 5-29.
17. Roberts, S.P.; Long, L; Tiezen, C. 1988. Medición de la biomasa vegetal y de la producción primaria neta. En: Técnicas de fotosíntesis y bioproductividad. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, p. 1-16.
18. Ugarte, M.L. 1992. Ordenación y clasificación morfológica de especies y cultivares de papa del banco de germoplasma de Bolivia, Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. 87 p.
19. Valladolid R. J.; Barrantes, F.; Prado, A. 1984. Análisis de crecimiento de tres especies de plantas tuberosas andinas (mashua, olluco, papa) bajo condiciones de cultivo de secano en Allpachaka (3,600 msnm) Ayacucho. Investigaciones-Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (Perú), p. 38-48.
20. Valdivia, 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 de Grado. Universidad Mayor de Simón. Cochabamba, Bolivia. 112 p.